

Himmel und Erde.

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift.



Himmel und Erde.

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift.

Herausgegeben

von der

GESELLSCHAFT URANIA ZU BERLIN.

Redakteur: Dr. P. Schwahn.

XIX. Jahrgang.



BERLIN.
Verlag von Hermann Paetel.
1907.

Verzeichnis der Mitarbeiter

am XIX. Bande der illustrierten naturwissenschaftlichen Monatsschrift „Himmel und Erde“.

Inhalt des neunzehnten Bandes.

Größere Aufsätze.

Seite

Mitteilungen.

Bibliographisches.

Himmelserscheinungen.



Namen- und Sachregister
zum neunzehnten Bande.



Transport eines Marmorblockes aus Carrara.



Carrara.

Von **W. Hörstel** in Genua.

E vedemmo Carrara, ove la gente
Trova il candido marmo in tanta copia
Che assai n' avrebbe tutto l'Oriente.
Und wir sahen Carrara, wo man findet
Solche üppige Fülle glänzenden Marmors,
Daß der ganze Orient genug dran hätte,

so sang Fazio degli Uberti um 1360 in seinem „Dittamondo", seiner gereimten Kosmographie. Er hätte getrost auch das Abendland hinzufügen können, denn schier unerschöpflich sind die Marmorlager der Apuanischen Alpen, obgleich die ganze zivilisierte Welt jahrhundertelang ihre Helden und Siege, ihre Freude und Todestrauer in dem glänzenden Marmor Carraras der Nachwelt überliefert und zahllose Bauten mit ihm ausgeführt und dekoriert hat. Ja alles, was die Menschenhand mit Eisen und Pulver im Laufe zweier Jahrtausende aus diesen Bergen brach und sprengte, das ist doch nur wie ein leichtes Schaben an der Oberfläche und erinnert dem unermeßlichen Reichtum der gewaltigen Marmorberge gegenüber an die Sage von dem Vogel, der alle hundert Jahre seinen Schnabel am Eisgebirge im hohen Norden wetzt.

Die nach dem ligurischen Stamme der Apuaner benannten Apuanischen Alpen ziehen sich von Spezia bis Viareggio zwischen dem Mittelmeer und dem toskanischen Apennin hin, im Westen von der Magra, im Norden von der Aulella, im Osten vom Serchioflüßchen begrenzt. Sie unterscheiden sich durch ihre eigenartigen Bergformen, ihre kühn in den blauen Himmel hinaufstrebenden hellen Zinken und Zacken auf den ersten Blick von den sanftgeschwungenen Linien des Apennin und ragen gleich Gletscherfernern über der schmalen grünen Küstenebene und dem blauen Meere auf. In dem Pania della Croce (1859 m) erreichen sie ihre höchste Erhebung und tragen naturgemäß oft noch tief im Frühling die Schneehaube: ein gewaltiger Kontrast zu der lachenden Ebene des

berühmten Seebades Viareggio und zu den goldenen Orangen Massas. Aber auch im Sommer glaubt mancher Reisende Gletscher und Schneefelder vor sich zu haben, wenn er von der Küstenbahn aus die riesigen weißen Schutthalden erblickt, die von den Marmorbrüchen tief in die Täler sich niedersenken. Ich persönlich kenne neben Taormina und dem Vesuv nichts Schöneres in Italien als diese Marmorberge in dieser Umgebung. Doch nicht von ihrer landschaftlichen Schönheit, nicht von den malerischen Ölbäumen auf saftiggrünem Grund zu ihren Füßen, nicht von den tief eingeschnittenen, echt alpinen und doch zugleich italienischen Tälern mit ihren romantischen mittelalterlichen Burgen will ich hier erzählen, sondern von ihrem berühmten Marmor, dessen Lager sich in der Triasformation von dem kleinen Aulellafluß im Norden bis Garfagnana im Osten und Pietrasanta im Süden, also nahezu über die ganze Alpenkette erstrecken, und zwar über alle Höhenlagen derselben, in ganz besonderer Stärke aber über ihre mittlere Zone. Zurzeit wird der Abbruch in größerem Maßstab nur im Carrionetal bei Carrara, im Frigidotal bei Massa und im Vezzatal bei Versilia, in kleinerem im Varni- und im Equital und bei Garfagnana in insgesamt 659 Brüchen betrieben, von denen 420 auf Carrara, 97 auf Massa, 134 auf Versilia, Serravezza, Stazzema und Vagli-Sotto, 8 auf Garfagnana entfallen, mit einer Gesamtproduktion von 334272 Tonnen im Jahre 1903 und 344504 Tonnen im Jahre 1904. All dieser Marmor wird nach Carrara benannt, das jahrhundertelang der einzige Sitz dieser Industrie in den Apuanischen Alpen war und an der Produktion derselben noch heute mit etwa 245000 Tonnen jährlich beteiligt ist. Von Carrara werde ich daher auch vorzugsweise sprechen.

Als Kuriosum sei erwähnt, daß zahlreiche Italiener in dem Irrtum leben, die etwa 7 km voneinander entfernten Städte Massa und Carrara, die mit ihren in den Tälern und an der Küste zerstreuten Flecken und Weilern 30000 und 48000 Einwohner zählen, seien ein und dieselbe Stadt, weshalb viele für Carrara bestimmte Briefe nach Massa-Carrara adressiert werden und zahlreiche Reisende, die nach Carrara fahren wollen, in Massa aussteigen, und zwar keineswegs nur Arbeiter; ein Irrtum, der sich aus dem Namen der Provinz „Massa-Carrara“ und aus dem durchschnittlichen bodenlosen Tiefstand der geographischen Kenntnisse in Italien erklärt.

Der Name Carrara wird zum ersten Male in einem Erlaß Kaiser Ottos des Großen erwähnt. Im Altertum hieß der „carrarische“ Marmor der „lunensische“ nach der Stadt Luni, die etwa eine Meile südwestlich vom heutigen Carrara, zwei Kilometer von der Magramündung an der Nordgrenze Etruriens lag und ganz aus schneeigem Marmor erbaut und mit weißschimmernden Mauern, gegen die das Meer brandete, umgeben ge-

wesen sein soll. Vandalen und Langobarden, Normannen und Sarazenen haben arg an dieser Küste gehaust. Der Sarazene Musetto, der gefürchtete Beherrscher Sardiniens, soll der letzte Zerstörer Lunis gewesen sein, und da der Hafen infolge der Ablagerungen der Magra versandete und die Malaria infolge der in der Flußniederung entstehenden Sümpfe sich immer mehr ausbreitete, erhob sich die Stadt nicht wieder aus ihrem Verfalle.



Schotterhaufen und Straße für den Marmorschlitten.

Bei ihrem Namen, der noch heute in dem der Landschaft „Lunigiana" fortlebt, denkt jeder halbwegs gebildete Italiener an die Worte Dantes im Paradiso XVI v. 73—78:

„Wenn du bemerkst, wie Lun' und Urbisaglia
Dahingegangen sind und, ihnen folgend,
Von dannen Sinigaglia geht und Chiusi,
Wird dir's neu noch wunderbar erscheinen,
Wenn du vernimmst, wie die Geschlechter schwinden,
Da auch die Städte selbst ihr End' erreichen."

Im Inferno spricht Dante von Lunis Bergen und den carrarischen Bauern, die ihren Fuß bewohnen, als er den etruskischen Zeichendeuter Aruns, der nach Lucan den Römern die Bürgerkriege und Cäsars Siege voraussagte, gleich den übrigen Sehern zur Strafe dafür, daß sie einst hatten vorwärts schauen wollen, nun wie Schlangenmenschen rückwärts blickend wandeln sieht (Ges. XX 47—51):

„Der seinem Bauch dort nahet mit dem Rücken,
's ist Aruns, welcher einst in Lunis Bergen
— Wo ihren Fuß bewohnend der Carrarer
Das Feld baut zwischen weißen Marmorfelsen —
In einer Höhle haust, von wo die Aussicht
Aufs Meer und auf die Stern' ihm nicht gehemmt war."

Nach Plinius dem Älteren wurde erst kurz vor seiner Zeit der weiße lunensische Marmor entdeckt. Er mag vorher nur als Baumaterial für Luni und seine Umgebung gedient haben, keinesfalls haben die Etrusker dort Brüche angelegt, und für ihre zum Teil cyklopischen Bauten war er ja auch nicht geeignet. In Rom scheint er zum ersten Male im Jahre 48 v. Chr. verwendet worden zu sein, und zwar zu den Säulen des Hauses des Mamurra auf dem Caelius. Den unkünstlerischen Römern hatten einst die Etrusker, später die Griechen ihre Stadt geschmückt. Besonders aber trugen dazu die siegreichen Feldherren bei, die aus den eroberten und zerstörten griechischen Städten ganze Haufen von Kunstschätzen nach Rom brachten, wobei ihre Plünderungswut zuweilen nur mit ihrer gänzlichen Verständnislosigkeit verglichen werden kann; wie z. B. bei Mummius, der nach der Zerstörung Korinths die besten Schöpfungen des griechischen Genius verkaufte und den Schiffskapitänen, die den Rest nach Rom zu befördern hatten, die Verpflichtung auferlegte, die während des Transportes etwa verloren gegangenen oder beschädigten Statuen durch neue zu ersetzen. Der beständige Anblick der griechischen Meisterwerke mußte aber allmählich den Sinn für die Kunst auch in den Römern wecken und manchen Reichen zu einem Kunstmäcen machen. Zahlreichen griechischen Sklaven war die Kunstübung ein Trost in ihrer Knechtschaft, auch wurden namhafte griechische Künstler nach Rom gezogen, und in den letzten Jahrzehnten der Republik und im ersten Jahrhundert des Kaiserreichs ward das Sammeln von Kunstschätzen zur Mode. Ciceros tuskulanische Villa war mit Säulen in Hülle und Fülle ausgestattet, die Wände waren mit Marmor bekleidet. Der Rednerfürst legte sich dort mit großem Kostenaufwand eine Sammlung griechischer Statuen und Hermen aus pentelischem Marmor zu, die er als kunstsinniger Mann auch angemessen aufstellen ließ. Er beauftragte den Lucius Cinnius, 20400 Sesterzien für einige Statuen zu be-

zahlen und für ihn weitere wertvolle griechische Skulpturen zu erwerben. Von der bereits weitverbreiteten Wut, mit griechischen Kunstwerken zu prunken, spricht er in seinem Buche „De legibus“, nachdem er erzählt hat, wie Lucullus die Pracht seiner Villa damit erklärt habe, daß er doch unmöglich schlichter habe bauen können als seine beiden Nachbaren von niederem Stande, von denen einer gar ein Freigelassener sei. „Wer kann ruhig mit ansehen“, fragt Cicero, „wie ihre Villen mit Statuen und Bildern geschmückt sind, die sie aus öffentlichen Anlagen und Tempeln zusammengeschleppt haben, wer soll ihrer Gier ein Maß setzen, wenn die dazu Verpflichteten von der gleichen Leidenschaft ergriffen sind?“ Mag dabei auch neben wahrhaft vornehmer Gesinnung ein wenig der Neid des Sammlers mitsprechen, so geben diese Worte doch ein gutes Bild seiner Zeit, wo die schönen Künste das öffentliche wie das private Leben mit ihrer Anmut bekränzten, aber weniger der Erhebung in die Welt des Schönen als der Prunksucht und dem Protzentum dienstbar wurden. Daß die schlauen Griechen manche untergeschobene Statue als Werke des Praxiteles und anderer Sterne am Himmel der Bildhauerkunst für schweres Geld verkauften, bedarf wohl keiner Versicherung. Bei dem Zuge ins Große, den die Römerbauten jener Zeit aufweisen, ist es nicht zu verwundern, wenn ein Marcus Vipsanius Agrippa in einem Jahre 100 Brunnen in Rom erbauen und sie mit 150 Statuen schmücken ließ, und Aemilius Scaurus sein Theater mit 3000 Statuen ausstattete. Die „Entdeckung“ des lunensischen Marmors war also gerade zu rechter Zeit geschehen, zumal man auch bei den Privathäusern in Marmor zu schwelgen begann. Bald konnte daher ein Satiriker über die ächzenden, mit riesigen ligurischen Marmorblöcken beladenen Karren klagen. Wie Strabo berichtet, wurde der bis dahin verwendete parische Marmor nun durch den „lunensischen“ verdrängt. Das lehrt auch der Augenschein, denn noch heute kann man ihn an den römischen Ruinen genau erkennen, ja man kann leicht feststellen, aus welchem der carrarischen Brüche der Marmor des Pantheons, der Cestius-Pyramide, des Portikus der Octavia, des Colosseums, der Trajanssäule, des Titus-, Septimius Severus- und Konstantinsbogens und der Caracallathermen entnommen worden ist.

Die bedeutendste Nachfrage nach diesem weißen Marmor herrschte im zweiten Jahrhundert n. Chr.; von Marc Aurel ab begann der Rückgang, und mit dem Sturz des Kaiserreichs wurde es wieder still in den weißen Marmorbergen, bis die Pisaner im zwölften Jahrhundert das schlummernde Kunstleben weckten, und Nicolo Pisano die Bildhauerkunst wieder zu Ehren brachte. Es war ein Glück für Carrara, daß nach langer geistlicher und weltlicher Herrschaft gerade in jener Zeit Pisa

über diesem Küstenstrich herrschte, und es war ein Segen für die pisanische Bildhauerschule, daß sie das schönste Material für ihre bahnbrechenden Werke sozusagen vor der Tür hatte. Burckhardt hat mit Recht auf die große Bedeutung dieses glücklichen Zusammentreffens für die Kunst hingewiesen, indem er sagt: „Obgleich jedem Stoff seine wahren Bedingungen abgesehen und keine Surrogate gestattet wurden, war es doch von Wichtigkeit, daß in dem tonangebenden Lande Toskana der weiße Marmor das Hauptmaterial der Dekoratoren war und blieb. Nur der weiße Marmor fordert zu beständiger Veredlung der Formen auf, nur er konnte mit den antiken Marmorsachen in Wetteifer treten. Andere Steingattungen, gebrannter Ton, auch mit Glasierung, Stucco, Erz, edle Metalle, Holz und selbst dekorative Malerei empfanden nur wohltuende Folgen von der Führerschaft dieses unvergleichlichen Stoffes.“ Dem Beispiel Pisas folgten Lucca, Siena, Florenz, und nach den Pisaner Künstlern kamen u. a. Jacopo della Quercia, Brunelleschi und Michelangelo persönlich nach Carrara, um sich selbst den Marmorblock auszusuchen, in dem, wie Kaiser Rotbart im Kyffhäuser, die edle Gestalt eingeschlossen war, die ihr Künstlerauge schaute und ihre Künstlerhand aus dem weißen Gefängnis befreien wollte. So viele Künstler aller Länder die Carrarer auch bis auf den heutigen Tag in ihre Brüche wallfahrten sahen, auf keinen Besuch sind sie so stolz wie auf den häufigen Michelangelos. Das Haus, in dem er Wohnung zu nehmen pflegte, trägt die Inschrift: „Mehrere Male weilte als Gast in diesen Mauern Michelangelo Buonarroti, wenn er zur Verewigung der Gedanken seines schöpferischen Geistes des armors wegen in unsere Berge kam.“ Zum ersten Male geschah das 1497, als er den Stein suchte, in dem seine Pietà gefangen saß; später führten ihn mehrfach seine Arbeiten für das großartige Mausoleum, das sich Papst Julius II. bei Lebzeiten errichten lassen wollte, nach Carrara zurück. Im Jahre 1505 weilte er acht Monate daselbst, und in dieser Zeit soll er daran gedacht haben, einen der weißen Marmorgipfel in eine Kolossalstatue zu verwandeln, die den Seefahrern als Augenpunkt dienen sollte. Seine Marmorblöcke erregten in Rom allgemeines Staunen, doch reichten sie nicht aus, und so sehen wir ihn 1506 wieder in Carrara, diesmal jedoch nur für kurze Zeit, denn er wußte, wie seine Neider gegen ihn intrigierten und dem Papste einzureden versuchten, es sei von übler Vorbedeutung, wenn man sich bei Lebzeiten das Grab erbauen ließe. Und in der Tat war der Mausoleumsplan bei seiner Rückkehr aufgegeben. Um für das weit einfachere Denkmal, das Julius II. in seinem Testamente angeordnet hatte, und für die Fassade von S. Lorenzo in Florenz das geeignete Material sich zu verschaffen, kam er 1516 wieder nach Carrara. Da man ihm aber dort den Lieferungsvertrag nicht ein-

hielt, begab er sich nach Serravezza, wo vor kurzem prachtvoller Statuario-Marmor im Monte Altissimo entdeckt worden war. Nach Perkins geschah diese Übersiedlung indessen auf Veranlassung des Papstes, und trägt der Künstlerneid die Schuld daran, daß „der Mann mit den vier Seelen" auf Jahre hinaus in den Apuanischen Alpen kalt gestellt



Losgesprengter Marmorblock.

wurde. Er hatte eine Bergstraße für den Transport zu bauen, was jeder Ingenieur ebensogut gekonnt hätte, und als diese endlich fertig war und er begonnen hatte, die sechs gewonnenen großen Säulen nach der Küste zu schaffen, da hielten ihm die Pisaner Kapitäne ihr Wort nicht, und ebenso blieben die genuesischen Schiffe vom Strande fern, denn die Carrarer boten alles auf, um die Konkurrenz Serravezzas im Keime zu ersticken. So gelang es Michelangelo erst ein Jahr später — 1519 —

einige Schiffe zu bekommen, aber bei der Verladung zerbrach ihm eine seiner Säulen, und aus Rom traf der Befehl ein, die Arbeit für S. Lorenzo einzustellen. Nur eine Säule war nach Florenz gelangt, die übrigen blieben am Strande und an den Berghängen liegen als eine Anklage gegen die kleinlichen Neider des großen Michelangelo. Hinfort aber bezog dieser seinen Marmor wieder aus Carrara, wohin er, namentlich der Mediceergräber wegen, bis 1525 noch mehrfach reiste.

Der Abbruch des Marmors von Serravezza wurde erst nach Jahrhunderten wieder aufgenommen. Im Jahre 1817 waren dort nur 10 Brüche in Betrieb, dann wurde Marco Borrini, der von der Gemeinde einen großen Teil des Monte Altissimo erhielt und von der toskanischen Regierung unterstützt ward, dort Marmorkönig, und heute ist es ein Schweizer. Der zu mehr als 98 % aus kohlensaurem Kalk bestehende schneeige, kristallinische „carrarische" Statuariomarmor mit seinem feinen Korn, seinem warmen Ton und seiner maßvollen Transparenz — auf die der Künstler einen besonderen Wert legt, weil, wenn sie zu stark ist, das Detail verloren geht, so daß ein gutes Porträt unmöglich ist — kommt heute zum größten Teil aus Serravezza, wo im Monte Altissimo und in der Tacca Bianca zahllose Helden und Größen der Zukunft schlummern. In Carrara sind nur sechs Statuariobrüche in Betrieb, und da die Nachfrage nach diesem herrlichen Stein beständig steigt, ertragen die Carrarer die gewaltige Konkurrenz Serravezzas heute mit Würde, zumal infolge des kaufmännischen Betriebs das Kubikmeter erstklassigen Statuariomarmors die Kleinigkeit von 1300 Lire kostet, d. h. bei kleineren Blöcken, bei besonders großen sind die Forderungen beträchtlich höher. Dieser Übermarmor findet sich in großen Nüssen oder mandelförmigen Schichten, die von einer dunklen Schale — madremacchia von den Steinhauern genannt — umgeben sind. Man betrachtet diese als das Produkt einer Reinigung des Marmors, indem die fremdartigen, ursprünglich über die Kalkmasse verstreuten Substanzen von dieser sich trennen und außerhalb des so gereinigten weißen Kernes sich vereinigen. „Die Madremacchia leisten mit ihrer Anziehungskraft für die unreinen Elemente dem Statuario eine Art Blutegeldienst", erklärte mir ein Aufseher in der anschaulichen Sprache des Volks. Allgemein schätzt man nach diesen dunklen Streifen die Güte des Statuario, der um so reiner ist, je tiefer er steht, weshalb die alten Römerbrüche bei Carrara einen ganz hervorragend feinen Marmor liefern, besonders der Bruch von Polvaccio, wo der Statuario in eine Schicht des gewöhnlichen Bianco chiaro eingewickelt ist. Riesige Blöcke sind aus ihm hervorgeholt worden; so soll z. B. der, aus dem die Trajanssäule hervorging, $1^1/_2$ Millionen Kilogramm gewogen haben, während Canovas Lord Wellington einem schneeweißen, fleckenlosen Block von

60 Tonnen Gewicht entstiegen sein soll. Im Polvacciobruch warteten Moses und David auf ihren Befreier Michelangelo, der dort auch den Marmor für die Gräber Lorenzos und Giulianos de'Medici brechen ließe; dort verbarg auch Ammanatis Florentiner Neptun — il Biancone, das weiße Ungetüm, wie das spottlustige Volk der Arnostadt ihn treffend genannt hat — seine unförmigen Glieder, und demselben Bruche entstiegen zur Zeit der Römer Apoll und Antinous.

Außer Polvaccio wurden die Brüche Colonnata, Canal grande und Fanti scritti von den Römern zur Kaiserzeit durch Sklaven ausgebeutet. Interessant ist der Ursprung des Namens Fanti scritti = die dargestellten Knaben (fanti im carrarischen Dialekt = fanciulli). Man fand dort nämlich ein — heute in der Accademia di Belle Arti zu Carrara aufbewahrtes — römisches Basrelief mit den Figuren des Zeus, Bacchus und Herkules, und die Steinmetze, denen diese alten Knaben unbekannt waren, glaubten drei kleine Jungens vor sich zu haben. Außer diesem Relief und einem Stein mit den Namen der Konsuln aus den Jahren 16 bis 25, und der Aufseher der in den Brüchen beschäftigten Sklaven zeugen gewaltige Aushöhlungen in dem Gestein, ferner eine in den Fels gehauene Bergstraße, Blöcke mit römischen Bruchzeichen, Altäre und Säulenstümpfe von der Arbeit der Römer. Dazu kommen von Zeit zu Zeit noch neue Funde, und es wird erzählt, daß eines Tags einige Steinhauer ein Marmorbruchstück mit lateinischer Inschrift gefunden und einem gerade die Brüche besichtigenden Fremden mit langen weißen Haaren gezeigt hätten, um über den Sinn jener für sie geheimnisvollen Schriftzeichen belehrt zu werden. Jener Fremdling aber war — Theodor Mommsen. Wie in der ganzen Welt, wo frühere Zeiten ihre Spuren zurückgelassen haben, Spaßvögel ihre Scherze machen, so auch in diesen Brüchen. Fanden da einst Arbeiter auf einem aus dem Marmorschutt ans Licht gekommenen ungeheuren Block die Worte: „Beato, chi mi volterà" — „Glücklich, wer mich herumwälzen wird". Da die einen auf einen verborgenen Schatz hofften, alle aber neugierig waren, gab man sich ungesäumt an das nicht leichte Werk. Endlich war es mit vieler Mühe vollbracht, und wenn auch nicht mit Goldmünzen, so belohnte sie doch der Marmorblock durch die anerkennenden Worte auf seiner unteren Seite:

„Bene facesti, che una costa mi doleva"

„Das hast Du recht gemacht, denn mir tat eine Rippe weh".

Die römischen Sklaven lösten in den Brüchen von Fanti scritti und Colonnata die colonnae, die Säulen, mit Keilen aus dem Gesteine los und zogen sie dann heraus wie der Bäcker das Brot aus seinem Ofen. Ganz ähnlich treibt man in Untersberg in die Marmorbrüche sogenannte

„Schrotte", schmale Gänge, hinein, von denen aus der gewünschte Block mit Keilen abgetrennt wird; oder man setzt an der geplanten Bruchstelle trockene Holzkeile ein, die befeuchtet werden und durch den infolge ihrer kapillaren Ausdehnung unwiderstehlichen Druck den Stein spalten, und zwar ohne irgend welche Beschädigung desselben. Auch in Carrara holt man den kostbaren Statuariomarmor ohne Pulver heraus, doch sprengt man die äußeren Schichten, die Schale, hinweg.

Für die Aufstellung unter freiem nordischen Himmel ist dieser feinste apuanische Marmor leider nicht geeignet, da er gegen atmosphärische Einflüsse zu empfindlich ist, wie die Statuen von Scharnhorst und Bülow in Berlin beweisen. Um ihn recht zu würdigen, müssen wir in die Galerien, Museen und Mausoleen gehen. Im Freien ist für den Norden die II. Qualität des Statuario mit ihrem gröberen Korn viel angezeigter, wie sie besonders die carrarischen Brüche von Ravaccione liefert. Aus ihnen sind die Säulen des Pantheons und der Basilika di San Paolo bei Rom, die Statuen des Cavour-Denkmals in Turin, die Gruppen auf der Berliner Schloßbrücke und in der Siegesallee sowie Prof. Fritz Schapers Goethe hervorgegangen; doch bevorzugt der letztgenannte Künstler seit längerer Zeit den Tiroler Marmor. Kolossale Marmorungetüme hat man in Ravaccione gebrochen. So hatte der Block, dem Dupré die Statue seines Cavourdenkmals entnahm, ein Gewicht von 1200000 kg, und noch heute lebt in Carrara die Erinnerung fort an den Riesenblock, aus dem das Pariser Reiterstandbild Heinrichs IV. hervorging.

Nächst dem Statuario und Halbstatuario ist neuerdings der Paonazzo die einträglichste Marmorart geworden, da er pro Kubikmeter 650 Lire kostet, halb so viel wie die I. Qualität des Statuario und das Dreifache des gewöhnlichen Marmors. Mit seinen violetten Adern auf dem ins Perlgraue hinüberspielenden Weiß scheint er, nach den auf dem Esquilin gefundenen Karyatiden und Ornamenten zu urteilen, zur Kaiserzeit in Rom seine Liebhaber gehabt zu haben. Heute hat er sie in aller Welt, nachdem die Mode sich lange von ihm abgewendet hatte, weshalb die Paonazzo- und Paonazzettobrüche still liegen mußten. Der Paonazzo lieferte u. a. die fünf Meter langen Säulen des Stockholmer Museums, die aus einem Block von 80000 kg Gewicht gewonnen wurden. So ist auch der Marmor der Mode unterworfen, wie auch die verschiedenen Völker eine besondere Vorliebe für bestimmte Marmorarten haben, z. B. die Engländer und Holländer für den mit bläulichem Netzwerk auf schneeweißem Grunde geäderten Venato, den die Florentiner auch für S. Maria del Fiore einst benutzten. Aber weder der Venato, noch der Paonazzo und Paonazzetto, noch der Statuario und Halbstatuario, noch der blaue Bardiglio, sondern der Bianco chiaro, der zu Bauzwecken

dienende gewöhnliche weiße Marmor, ist das Hauptprodukt Carraras. Er repräsentiert 93 % der Gesamtproduktion der Apuanischen Alpen, während der Bardiglio nur mit 5,24 %, die farbigen Arten mit 0,88 % und der Statuario mit 0,77 % an derselben beteiligt sind, so daß der letzere also noch nicht einmal den hundertsten Teil des jährlich gebrochenen „carrarischen" Marmors ausmacht, in Carrara selbst aber noch weniger.

Mit dem Abbruch des Bianco chiaro macht man weniger Umstände als mit dem Statuario, was sich ja aus den endlosen Lagern des ersteren



Im Marmorbruch.

leicht erklärt. Hier sprengt man darauf los, als ob es sich um den gewöhnlichsten Chausseestein handelte. Will man große Steinmassen zu Boden legen, so gießt man vorsichtig und langsam bedeutende Mengen von Salzsäure — „acqua forte = starkes Wasser" genannt — in die Tiefe des Bohrlochs, wo sie im Gestein eine weite Höhlung bewirkt, die wegen der Ähnlichkeit mit den bekannten, dickbauchigen, enghalsigen Weinflaschen Toskanas von den Carrarern „Fiasco" genannt wird. Nachdem man die Höhle mit Hede ausgetrocknet hat, wird sie mit der erforderlichen Pulvermenge gefüllt, die vor einiger Zeit einmal 1200 kg betrug und etwa 14 Millionen kg Gestein, über 5000 Kubikmeter, von dem steilen Berge abtrennte. Diese Mine wurde mit dem elektrischen Funken ange-

zündet. und das ganze Tal soll bei ihrer Explosion gebebt haben. „Wir hatten uns in einen Tunnel der Marmorbahn geflüchtet. Es war, als es wie ein dumpfer Donner erdröhnte, eine furchtbare Erschütterung, und ein schauerlich schöner Anblick, als eine weiße Wolke aufstieg, und die gewaltigen Steinmassen in der Luft herumflogen. Es war gerade, al ob das ganze Gebirge einstürzen wollte", so schilderte mir ein Augenzeuge diese Sprengung. Eine „varata" nennt man eine solche Mine oder ein solches Netz von Minen, mit denen man die Marmormasse umspannt, die man herausholen will, und oft arbeitet man an deren Vorbereitung monatelang. Der größte Teil des losgesprengten Gesteins bleibt auf dem breiten, ebenen Platze liegen, der vor jedem Bruche hergestellt ist; doch fliegt auch manches große und kleinere Stück auf das Gebiet des lieben Nachbars, der nach vorhergegangener Vereinbarung die Hälfte des ihm Zugefallenen zu behalten pflegt, wodurch kürzlich ein Carrarer die Kleinigkeit von 50000 Lire gewonnen haben soll. Freilich muß die Arbeit der Mine des Nachbars wegen eine Zeitlang eingestellt werden, und die zugefallenen Steinblöcke und Steintrümmer verursachen auch eine Störung auf dem Arbeitsplatz, weshalb oft langwierige Prozesse mancher größeren Sprengung nachfolgten, wenn vorher kein Abkommen getroffen wurde. Seit mehreren Jahren werden auch oft mit Heliocoidaldraht große Blöcke von der Bergwand abgeschnitten und noch häufiger die losgesprengten Riesenblöcke vor dem Bruche zerteilt, wozu man sich der Dampfkraft oder elektrischer Kraft bedient, die aus dem Tale zu den z. T. 900 m ü. M. gelegenen Brüchen hinaufgeleitet wird.

Davon wurde mir manches erzählt, während ich mit Erlaubnis der Direktion der Marmifera — der zum Transport des Marmors aus den Brüchen nach Carrara und dem Meere dienenden kühnen Bergbahn — in dem zur Bequemlichkeit der Händler in den Frühzug eingeschobenen vagoncino bis zur Endstation Ravaccione, 455 m ü. M., hinauffuhr. In den Jahren 1871 bis 1876 bis Piastra vecchia gebaut, wurde sie 1887—1890 in die verschiedenen Täler weitergeführt; sie hat von den Bergen nach Carrara 15 km Schienenlänge, von Carrara nach dem Meere 8, von denen jedoch 5 km, (von Carrara bis Avenza an der Küstenbahn Genua—Pisa) dem Staate gehören. Ihre höchste Steigung beträgt 55 ‰. Die kleine, in München erbaute Lokomotive brachte uns in Schlangenlinien in die Nähe der verschiedensten Brüche, hinein in enge Schluchten, hinweg über kühne Viadukte, von denen aus man den schönsten Rückblick auf das malerische Tal mit seinen anmutigen grünen Hügeln, auf das in deren Ausläufer eingebettete Carrara, auf die fruchtbare Ebene von Avenza und das blaue Mitttelmeer, über das, Schmetterlingen gleich, weiße Segel dahinziehen, genießt. Von den Weilern, in denen der größte Teil der Steinhauer

wohnt, präsentiert sich gar prächtig auf grüner, von Edelkastanien beschatteter Höhe Torano, von den dort gehaltenen tori, den Zugstieren, so benannt. Bald aber folgt auf die freundliche Idylle der grünen Landschaft die wilde Größe des weißen Marmorgebirges. Wohin das Auge blickt — alles Marmor, weißer Marmor. Man fühlt sich plötzlich in eine ganz andere Welt, ja in ein Märchenland versetzt und wundert sich schließlich nicht einmal mehr, durch einen langen Marmortunnel hindurchzufahren, ein Seitenstück zu dem Pfefferkuchenhäuschen in Hänsel und Gretel, wenn man ein solches nicht in den kleinen Zucker-, nein Marmorhäusern zum Aufbewahren der Geräte und in den marmornen Schmiedewerkstätten zur Ausbesserung derselben sehen will. In Ravaccione verließ ich den vagoncino. Ringsum riesige, weiße Schotterhaufen, die sich in die Tiefe des Tales hinunterziehen und wie Kristallzucker glänzen; dazwischen Marmortreppen für die Arbeiter und hie und da von hohen, weißen Stützmauern getragene steile Marmorstraßen zum Herablassen der Blöcke aus den Brüchen. Darüber im Halbkreis die mächtigen Marmorwände, zum Teil auf der Höhe mit spärlicher, grüner Vegetation bedeckt, vielfach mit gelber Patina überzogen und gekrönt mit weißen Zinken, Zacken und Hörnern.

In dieser starren weißen Wunderwelt empfängt den Wanderer nicht das erhabene Schweigen des Hochgebirges, nein, alles lebt in diesen Bergen, eine Fülle von Tönen dringt an das Ohr, und das Auge wird gefesselt durch das Schauspiel der scheinbar spielenden Handhabung der cyklopischen weißen Blöcke. Ringsum pochen und pinken die schweren Hämmer, ertönen warnende Hornsignale, krachen die Pulverminen, erschallen die gleichmäßigen Rufe der mit dem Transport der Blöcke Beschäftigten und auf der grauenhaften Fahrstraße die wilden unartikulierten Schreie der Ochsentreiber. Donnernd rollt zuweilen ein Steinblock talwärts und reißt eine Schuttlawine mit sich in die Tiefe. Oben vor den senkrechten Marmorwänden sitzen in dicken, um die Taille geschlungenen Stricken, die von eisernen in der Höhe eingerammten Pfählen gehalten werden, die Steinhauer, oft 30, ja 40 m hoch frei in der Luft. Sie bohren Löcher für die Eisenstangen, die das Brett tragen sollen, auf dem sie zu zweien angeseilt, sitzend und stehend mit der stampa, einer mehrere Meter langen Eisenstange, tiefe, 4 bis 8 cm breite Löcher für die Pulverminen in die Felswand bohren wollen. Auf der Piazzetta vor dem Bruch werden die heruntergesprengten Blöcke gleich zugehauen, um den ohnehin schwierigen Transport nicht noch unnötig zu erschweren. Das unbrauchbare Material wird weggesprengt oder zerschlagen und in Handkarren, die von einem Manne gezogen und von zweien geschoben werden, hinweggefahren und ins

Tal hinuntergeschüttet. So wachsen die weißen Schotterhaufen von Tag zu Tag.

Der Transport von den Brüchen zu den Stationen der Marmifera und zu den Fahrstraßen geschieht mit Ausnahme eines Bruchs, wo eine Drahtseilbahn Blöcke und Abfälle zu Tal befördert, noch immer in der geradezu vorsintflutlichen und äußerst gefährlichen Weise des „Lizzens" auf dem Marmorschlitten. Man windet den behauenen Block auf zwei an der Spitze wie ein Schlitten zurückgebogene glatte Baumstämme (lizze) und läßt diese auf daruntergeschobenen, gehörig eingeseiften Hölzern (parati) an den Steilhängen hinabgleiten, zu welchem Zweck die hinten frei werdenden Hölzer immer wieder eingeseift und vor die lizze gelegt werden. Gehalten wird dieser Marmorschlitten durch drei riesige Hanfstricke von 50 bis 60 m Länge und 7 cm Durchmesser, die in der Höhe und an den beiden Seiten um je drei festgerammte Holzpfähle (piri) geschlungen sind und auf Befehl des Capolizza langsam heruntergelassen werden. Von ihrer Haltbarkeit hängt das Leben der lizzatori ab, deren 14 bis 16 eine Compagnia bilden. Haben sie den Block glücklich an seinem Bestimmungsort, so schleppen sie die hanfenen Riesenschlangen nebst den verschiedenen Bestandteilen des Schlittens und den Seifenresten wieder den Berg hinauf, um ihr mühseliges, gefährliches Werk von neuem zu beginnen. Genau so werden es die römischen Sklaven auch gemacht haben, nur daß sie statt der Seife wahrscheinlich Öl oder Fett benutzten; und es ist erstaunlich, daß die vorgeschrittene Technik dieses „Lizzen" nicht verdrängt hat, zumal dabei noch mehr Unfälle vorkommen sollen, als in den Brüchen selbst. Ich kann nicht sagen, ob dabei der in Italien häufig anzutreffende Widerstand gegen technische Fortschritte seitens der auf bestimmte Tätigkeiten eingeschulten Arbeiter mitspricht. Dagegen erzählt man in Carrara ganz offen, daß vor einigen Jahren unter einem Viadukte der Marmifera eine Sprengmine gefunden wurde. Damit wollte man mir erklären, weshalb die Marmifera nicht durch Herabsetzung der Frachtkosten die Ochsenkarrenkonkurrenz unfähig macht, denn ich hatte es als selbstverständlich angesehen, daß diese durch die Marmorbahn zum alten Eisen geworfen sei, und daß der technische Fortschritt die Mühen der Menschen und die Qualen der Tiere vermindert habe. Leider ist das bis jetzt nur teilweise der Fall, denn die Hälfte des Marmors wird noch immer auf den etwas billiger fahrenden Ochsenkarren befördert, und zwar von Ravaccione nach Carrara je 1000 kg für 6 Lire, von Carrara nach dem Meere für 2,25 Lire. Auch diese Ochsenkarren sind vorsintflutlich, mit plumpen Rädern, und bezeichnenderweise trägt Carrara ein solches Rad in seinem Stadtwappen. Den zweirädrigen Karren nennt man „carretta", den vierrädrigen, die quadriga, „carro". Zur Beförderung von Blöcken, die

für diesen zu klein, für jene aber zu groß sind, dient der „carro matto", der „verrückte Karren" — vgl. den Berliner Ausdruck „doller Kasten" —, von dem man zum Zweck der leichteren Beladung ein oder zwei Räder entfernen kann. Daß eine so einfache Vorrichtung den Karren schon als dollen Kasten erscheinen lassen konnte, beweist, wie geringe Ansprüche man in den Marmorbergen an die Technik stellte. Das ist erst in den letzten Jahrzehnten anders geworden, im Verhältnis zu der Bedeutung der Marmorindustrie aber noch immer nur in geringem Maße. Ein Paar Ochsen muß im Winter 1800 bis 2000 kg, im Sommer, wenn die Wege besser sind, 2200 bis 2800 kg Marmor ziehen und bringt seinem Herrn 15 bis 16 Lire täglich ein. Vor die carretta spannt man zwei Ochsen und zuweilen auch noch einen unglücklichen Esel, vor den carro je nach dem Gewicht des Blocks bis zu 20 Paar Ochsen, und die lange Reihe dieser Karren, hinter denen als Bremse ein gewaltiger Marmorblock an eiserner Kette auf der grauenhaften Straße hergeschleift wird, mit den vielen schöngehörnten Ochsen, die sich in regelmäßigen Absätzen ruckweise unter gräßlichem Geschrei ihrer Peiniger — der bovattieri — zwischen den weißen Geröllhalden und in dem grünen Tale abwärts schlängeln, gewährt einen ganz eigenartigen Anblick, aber die Menschlichkeit verhüllt hier trauernd ihr Antlitz, und der Tierfreund wendet sich voll Schauder ab, und man kann nur wünschen, daß die entsetzliche Tierquälerei, die selbst im Neapolitanischen nicht übertroffen wird, nun im 20. Jahrhundert ihr wohlverdientes Ende finde. Die Ochsen werden beschlagen und müssen wie Ziegen die steilen Abhänge hinaufklettern, zwischen großen Steinen hindurch-, ja über sie hinwegvoltigieren. Um das schwere, hölzerne Joch, das jedem Paar auf den Nacken gelegt wird, sind in der Mitte Hanfstricke gewunden, und auf diesem Polster sitzt rittlings, mitten zwischen den Hälsen dieser Unglücksgeschöpfe, der rauhe Treiber und sticht sie unbarmherzig mit eisernem Stachel oder schlägt aus Leibeskräften mit dem Stachelstecken auf sie ein. Der Nacken ist wundgescheuert und erinnert oft an ein Stück Ochsenfleisch im Schlachterladen, und auf diesem roten Fleisch liegt das Joch! Welche Qual bereitet da jeder Schritt, und wie erhöht sie der Reiter durch den Druck seines Gewichtes, durch grausames Schütteln des wunden Nackens und durch seinen Stachel! Müde liegen die ausgespannten, schmachtenden Tiere an der Ladestelle auf der Marmorstraße, wo sie kein Grün, keinen Tropfen Wasser finden, in dessen Ermangelung ihnen auch das etwa mitgenommene Futter nicht zusagt. Einige sah ich mit blutenden Hufen, was bei den spitzen Marmorstücken auf der Straße kein Wunder ist. Kein Mensch blickt danach aus. Bricht ein Ochse ein Bein, so schlachtet man ihn nicht an

Ort und Stelle, sondern fährt ihn auf einer carretta ins Schlachthaus nach Carrara. Das ist dann die schmerzvollste Fahrt des armen Märtyrers, aber sein Brüllen und Stöhnen rührt keinen Menschen. Haben diese Ochsen nicht das Glück zu verunglücken, so sind sie in ein bis drei Jahren ruiniert und kommen dann nach Toskana auf die Weide, um etwas Fleisch anzusetzen, bevor sie geschlachtet werden.

Die Ochsenkarren erreichen jede einzelne der im Tal oft höchst malerisch gelegenen Marmorsägemühlen, wo die Wasserkraft eine Anzahl von telai — „Webstühlen" — treibt, in die gewöhnlich 12 und höchstens 45 Eisenbänder eingespannt sind. Diese Sägemaschinen sind 3 bis $5^1/_2$ m lang, 1 bis 2 m breit und arbeiten im Durchschnitt mit 3 Pferdekräften. Die zahnlosen Eisenbänder drücken allmählich feuchten Quarzsand vom Lago di Massaciuccoli in den Stein, wodurch sie in 24 Stunden etwa 16 cm tief eindringen, und liefern Platten von jeder gewünschten Stärke, bis hinunter zu 1 cm. Vereinzelt hat man neuerdings Marmorsägen, die durch Petroleum getrieben werden, dagegen ist die uralte Handsäge, ein zahnloses, in einen großen Rahmen gespanntes Eisenband, noch viel im Gebrauch.

Die Kunst, den Marmor in Platten wie einen Baumstamm in Bretter zu zersägen, kam über Griechenland nach Italien. Noch heute wird dazu, wie zu des Plinius Zeiten, Eisen und Sand benutzt. Als drittes Hilfsmittel tritt das Wasser hinzu, das von Plinius freilich nicht erwähnt wird, aber jedenfalls im Altertum wie heute das Eisen kühl und die Schnittfläche durch Wegspülen des Sägemehls rein erhalten mußte. In Pompeji sollen zwei aus einem carrarischen Block gesägte Steine gefunden sein, von denen der eine in der Mitte eine Erhöhung, der andere eine Vertiefung zeigte. Man dreht nämlich bei der Handsäge die Blöcke um, wenn sie zur Hälfte durchschnitten sind, wobei natürlich die beiden Schnitte nicht immer in gerader Linie zusammentreffen. Die gezahnte Säge, die nach Plinius bei feineren Marmorarten verwendet wurde, hat man in Carrara wohl nie benutzt. Man hat dort zurzeit etwa 70 Wassermühlen mit 355 telai. Das Polieren der zersägten Platten geschieht ebenfalls mit Sand.

Folgende Tabellen mögen ein Bild von der Behandlung des Produkts der Apuanischen Alpen und von dessen Ausfuhr geben.

Von den im Jahre 1904 gebrochenen 344504 Tonnen Marmor wurden

	roh behauen	zersägt	bearbeitet	
in Carrara	165034	59652	2840	Tonnen
„ Massa	18852	16349	2101	„
„ Versiglia (Serravezza) . .	8497	12945	9782	„
„ Garfagnana	4500	745	15	„

Ausgeführt wurden aus den Apuanischen Alpen im Jahre 1904

	roh behauen	zersägt	bearbeitet	
per Bahn nach Italien:	21679	27471	3602	Tonnen
„ „ ins Ausland:	32879	6683	557	„
zu Schiff:	97496	55177	19727	„

Wie Würfelzuckerniederlagen für ein Riesengeschlecht erscheinen die der Verladung harrenden Marmorblöcke bei dem Bahnhof Carraras und am Strande. Der zur Gemeinde Carrara gehörende Küstenort Marina mit 3145 Einwohnern ist $7^1/_2$ km von Carrara entfernt und erst im vergangenen Jahrhundert entstanden, nachdem Franz IV. 1838 sich entschlossen hatte, am Strande Bauplätze zu verschenken, weil von der Erlaubnis Maria Beatrices zum Kaufe solcher kein Mensch Gebrauch gemacht hatte. Am Strande erstrecken sich drei hölzerne Quais etwa 300 m weit über das Meer hinaus; von ihnen aus wird der Marmor auf Segelschiffe verladen, die ihn nach Livorno oder Genua bringen, wo ihn die großen Ozeandampfer aufnehmen. Seit der Krisis der Jahre 1894 bis 1898 ist die Ausfuhr beständig gewachsen, und zwar besonders nach England und seinen Kolonien; dann folgen Nordamerika, Frankreich, Belgien, Deutschland, Rußland, Spanien. Südamerika. Seit einigen Jahren sind auch Australien und Südafrika unter die Zahl der Abnehmer getreten.

Der Betrag, der für den Marmor nach Carrara fließt, ist natürlich schwer festzustellen, leicht dagegen die lächerlich geringe Einnahme der Stadt aus den ihr mit wenigen Ausnahmen gehörenden Brüchen. Sie überläßt den Unternehmern, den coltivatori, an genau festgesetzten Stellen den Abbruch gegen Zahlung von 2 bis 3 Lire. Den Bruch können diese dann verkaufen, übertragen, vererben, kurz, damit verfahren wie mit ihrem übrigen Eigentum, obwohl die Stadt sich das sogenannte dominio diretto vorbehält und ihnen nur das dominio utile abtritt. Sie erhebt einen Zoll — pedaggio marmi — von 5 Lire für die Tonne (1200 kg) Statuario, 2 Lire für den gewöhnlichen geäderten Marmor, 1 Lire für den zweispännigen Ochsenkarren voll zersägter Marmorplatten und erzielte daraus von 1890 bis 1900 jährlich etwa 220000 Lire, 1903 und 1904 über 300000 Lire, eine ganz nette Summe, aber ein geringer Anteil an dem nach vielen Millionen zählenden Ertrage ihres Eigentums. Man hat daher noch auf alle möglichen Gebrauchsartikel den Stadtzoll gelegt, der über $^1/_2$ Millionen Lire jährlich einträgt, denn der Marmor allein kann die Gemeindeausgaben und die Bauten nicht bestreiten, mit denen man das in der Tiefe des Carrionetals an den Fuß der Marmorberge

geschmiegte Städtchen schmückte, das mit seinem verwitterten Marmordom aus dem XIII. Jahrhundert, seiner Handelskammer, seinen Schulpalästen, seinem Hospital, Theater, seiner Accademia di Belle Arti, seinen Bildhauerateliers, seinen vielen Marmordenkmälern, prächtigen Anlagen und den freundlichen Häusern in grünen Gärten eine der schönsten Städte Italiens ist, obwohl es kaum 24000 Einwohner zählt, denen mit wenigen Ausnahmen die Steine Brot geben.

Von den nahezu 12000 Arbeitern der apuanischen Marmorberge entfallen 7772 auf Carrara, und von diesen sind 5326 in den Brüchen, 745 mit dem Transport, 1701 mit dem Sägen des Marmors beschäftigt. Die Durchschnittslöhne der Steinhauer betragen 2,70—3,45 L.; die der Aufseher 4—5 Lire, die Arbeitszeit ist achtstündig. Die Zahl der Arbeitstage beträgt, obwohl das Klima milde ist und man sehr selten durch Schnee gestört wird, nur etwa 200 im Jahr, und zwar teils der vielen katholischen Feiertage, teils der noch viel treuer und allgemeiner gefeierten blauen Montage wegen. Vor dem vollendeten zwölften Jahre dürfen die Knaben nicht in den Brüchen beschäftigt werden, doch kennen sie schon vorher den Marmor jedes Bruches genau. Mancher arbeitet in den Brüchen, bis sein Haar ebenso weiß ist wie der Marmor. Wenn er bis in sein hohes Alter ohne jeglichen Unfall davon gekommen ist, dann kann er freilich von Glück sagen; denn täglich ereignen sich leichtere und nicht selten auch schwere Unfälle. Ist jemand bei den Sprengungen oder beim „Lizzen" ums Leben gekommen, so wird in den Brüchen des betreffenden Tales für jenen Tag nach alter Sitte die Arbeit eingestellt. Schweigend gehen die Scharen der Arbeiter heim, die täglich von dem gleichen Geschick bedroht sind, die Unternehmer aber haben für den ganzen Tag den vollen Lohn zu zahlen. Verletzungen erregen dagegen kein weiteres Aufsehen. „Hier fließt alle Tage Blut", sagte man mir.

In Carrara hat man 1902 an einem Palaste einen Denkstein zu Ehren der „Märtyrer der Arbeit" angebracht mit der Inschrift:

O marmo sacro al martirologio operaio delle valli Apuane, trasmetti la voce dei lavoratori della Lunigiana ai secoli che avranno per monumento la giustizia soziale,

„O Marmor, geweiht dem Arbeiter-Märtyrertum der apuanischen Täler, übermittele den Ruf der Arbeiter der Lunigiana den Jahrhunderten, die als Denkmal die soziale Gerechtigkeit haben werden."

Als nach der Revolution 1894 der Belagerungszustand über die Provinz Massa-Carrara verhängt war, suchte der General Heusch die Gründe der Unzufriedenheit dieser Arbeiterbevölkerung in den Grenzen des Erreichbaren zu beseitigen. Er berief die Besitzer der Brüche und die Marmorhändler zu einer Sitzung zusammen, in der die Gründung

einer Unterstützungs- und Pensionskasse für die Arbeiter beschlossen wurde. Die erforderlichen Mittel sollten durch eine Erhöhung des an die Gemeinde Carrara zu zahlenden Marmorzolls um 10 v. H. aufgebracht werden. Die zunächst weit gesteckten Ziele dieser Cassa di Previdenza hat man seit der Einführung der Unfallversicherungspflicht auf die Unterhaltung der Unfallstationen in einigen Zentren der Brüche beschränkt. Drei Krankenpfleger sind dort angestellt, die im städtischen Krankenhause unterwiesen sind und zu ihrer weiterer Ausbildung jährlich für zwei Monate nach ihm zurückzukehren haben. Während dieser Zeit versehen Hospitalpfleger den Dienst in den Unfallstationen. Anfangs hatten die Arbeiter



In einem Atelier zu Carrara.

eine gewisse abergläubische Abneigung gegen die letzteren, weil sie dieselben als böses Omen betrachteten; aber bald erkannten sie ihren Nutzen. Es empfangen dort jährlich gegen 400 Verletzte die erste Hilfe; doch sollen die Unfälle früher noch viel zahlreicher gewesen sein. Die durch das Gesetz erhöhte Verantwortlichkeit der Unternehmer für die Sicherheit des Betriebes und die Verpflichtung zur Entschädigung der infolge ungenügender Vorkehrungen Verletzten hat äußerst segensreich gewirkt.

Beim Anblick der kleinen Sanitätswache in Ravaccione fragte ich einen Arbeiter, wer sie eingerichtet habe.

„Ein General“ war die Antwort.

„Wie heißt er denn?“ forschte ich weiter, erstaunt über die Gleichgiltigkeit, mit der jener Mann von dem militärischen Gewalthaber während des Belagerungszustandes sprach.

„E — usch“ erwiderte er ohne weitere Erklärung.

Man behauptet in Carrara, daß die einheimische Arbeiterbevölkerung nur durch fremde Agitatoren zu jenem Aufstande verleitet worden sei. Zum Beweise dafür, wie für das mangelnde Zielbewußtsein jener Revolutionäre, wurde mir erzählt, daß der General Heusch, den die „staatserhaltenden“ Parteien, wie man bei uns sagen würde, als Kandidaten für das Parlament aufgestellt hatten, nach jener Revolution in Carrara etwa 2800 Stimmen erhielt und siegreich aus dem Wahlkampfe hervorgegangen sein würde, wenn nicht Massa den Ausschlag gegen ihn gegeben hätte.

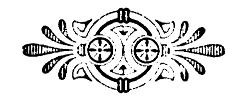
Nach 1894 ist die Gendarmerie und das Militär in der Lunigiana verstärkt; die Polizei kennt die Anarchisten, und eine Überraschung wie damals ist heute nicht zu befürchten. Die Löhne sind ja nach deutschen Verhältnissen niedrig, aber nicht nach italienischen. Doch bemerkte ich bei den Arbeitern, mit denen ich mich unterhielt, eine nicht geringe Unzufriedenheit. Auch verhehlten sie ihren Neid gegen die Marmorbruchbesitzer nicht, die den großen Herrn, den Signore, spielten und nur von Zeit zu Zeit eine Spazierfahrt auf der Marmifera in die Brüche machten. Auffälligerweise hörte ich in Carrara seltener als sonst in Italien das Wort „pazienza.“ Man sagt den Carrarern nach, daß sie aufbrausend und leidenschaftlich seien, was weder zu bezweifeln noch zu verwundern ist; das Messer scheint ihnen aber doch nicht so lose zu sitzen, wie man zuweilen hört. Ich war Zeuge zweier Streitszenen. Unter mir wurde ein großer Block an einer Schutthalde auf die Fahrstraße hinabgewälzt und versperrte dort den Ochsenkarren den Weg. Ein lautes, wütendes Geschrei der bovattierí folgte, von dramatischer Gestikulation begleitet. Der Anführer der Missetäter beachtete auf seinem sicheren Standplatze die Vorwürfe anfangs nicht im mindesten, als ihm aber das Toben zu toll wurde, lüftete er voll Grazie den Hut und verneigte sich spöttisch vor seinen Tadlern. Gleichzeitig erhob sich über mir ein Zank zwischen zwei Männern beim Beladen eines Ochsenkarrens. Die Köpfe glühten, die Augen sprühten, laute Drohworte flogen hinüber und herüber, und ich befürchtete, ein Messerstich würde den kalten weißen Stein mit heißem, rotem Blut bedecken — aber niemand ließ sich durch die Rasenden in seiner Arbeit stören, niemand mühte sich, sie zu beruhigen, und siehe da, allmählich wurde der Donner schwächer, und das Gewitter verzog sich. Ein Unternehmer sagte mir, daß es äußerst selten bei der Arbeit, aber leider häufiger an den Feiertagen infolge des übermäßigen Weingenusses zu Tätlichkeiten käme. Gegen Fremde sind diese car-

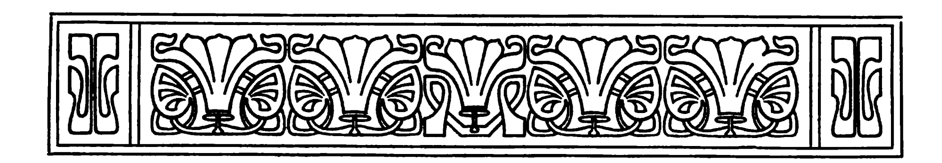
rarischen Steinmetze höflich, und das hatte ich nicht erwartet. Sie grüßten mich fast alle während ihrer Arbeit, und als ich abends das Marmorpflaster Carraras betrat, zogen manche, die ich am Vormittag in den Brüchen gesehen, den Hut.

Der neuerdings eingeführten Versicherungspflicht gegen Unfälle genügen die Unternehmer dadurch, daß sie die Arbeitnehmer bei einer der größeren Gesellschaften versichern. Sie haben $2^1/_2$ bis 3 v. H. des Arbeitslohnes, also 15 bis 18 Lire für jeden Arbeiter zu zahlen. Im Falle des Todes oder der Invalidität gewährt die Versicherungsgesellschaft den Hinterbliebenen oder dem Invaliden den fünfzehnhundertfachen Betrag des Tagelohnes, jedoch bis höchstens 10000 Lire und nicht über insgesamt 50000 Lire, wenn bei einem und demselben Unglücksfalle eine größere Anzahl von Personen zu Schaden kommt. Die Verletzten empfangen nach Ablauf einer Woche die Hälfte ihres Lohnes, jedoch nur für die Dauer von drei Monaten. Es ist das immerhin schon ein großer Fortschritt im Vergleich zu dem früheren Zustande, aber welchen Vorsprung hat unser Deutsches Reich mit seinen Versicherungsgesetzen zugunsten der Arbeiter!

Geschicktere Steinarbeiter als die Carrarer gibt es schwerlich auf der Welt, und es war nur natürlich, daß sich an dem Material und aus der Berührung mit den häufig in Carrara weilenden Künstlern — von denen noch Canova und Thorwaldsen genannt seien, der seinen segnenden Christus und die Apostel aus diesem Marmor entstehen ließ, und Rauch, der aus Carraras Statuario seine Königin Luise und König Friedrich Wilhelm III. für das Mausoleum in Charlottenburg schuf, — eine große Kunstfertigkeit dort entwickeln mußte, und die Geschichte der Skulptur von namhaften, carrarischen Bildhauern erzählt. Im 18. Jahrhundert gründete die Herzogin Maria-Theresa von Massa in Carrara die Accademia delle Belle Arti, an deren beste Schüler alle drei Jahre von der Handelskammer ein Stipendium von jährlich 1500 Lire zur Weiterbildung in Rom oder Florenz gegeben wird. Zwei weitere Stipendien, von Privatleuten gestiftet, sind für die besten Schüler der Skulptur- und ornamentalen Architektur-Kurse bestimmt. Zur Zeit wird die Akademie von 125 Schülern besucht; außerdem aber dient sie durch Abendkurse 181 in den Werkstätten der Bildhauer beschäftigten Arbeitern zur Fortbildung, namentlich im Figuren- und Ornament-Zeichnen. Manchem armen Jungen eröffnete sie den Weg zu tüchtigen Leistungen und zu einer gesicherten Stellung im Ausland, und ihr ist es wesentlich zuzuschreiben, daß an den meisten Denkmälern und Statuen der Erde die geschickten Hände der Carrarer in den dortigen Ateliers die Vorarbeiten ausgeführt haben. Der Künstler sendet ihnen sein Gipsmodell, und sie holen dann aus dem Marmor durch Abritzen und Abbossieren die Umrisse

des Kunstwerkes erst einmal in großen Zügen heraus; dann setzen sie nach genauen Messungen am Modell mit mathematischer Sicherheit die Hauptpunkte und von ihnen aus die vielen mittleren und stellen zwischen diesen dann allmählich die Formen des Modells her. Zum Bildhauer kehrt sein Gedanke, den er in Gips formte, in schneeigem Marmor zurück, und zwar so, daß er nur noch die letzte Hand zur Vollendung des Werkes anzulegen hat.





Altes und Neues aus der Ameisenbiologie.

Von **Dr. C. Thesing** in Berlin.

In dem Gesamtgebiete der Zoologie gibt es wohl kaum ein zweites Thema, über welches so ungeheuer viel geschrieben worden ist und auch heute noch immer geschrieben wird, wie über das Leben und Treiben der soziallebenden Insekten, ganz besonders der Ameisen und Bienen. In der weit größeren Mehrzahl rühren jedoch diese zahllosen Aufsätze und Artikel nicht von Fachgelehrten her, sondern von Leuten, denen es mehr auf feuilletonistischen Schwung und Erweckung des Interesses ihres Lesepublikums als auf schlichte Darstellung der Tatsachen ankommt, oder denen zum mindesten die nötige kritische Schulung fehlt, um namentlich in dem so schwierigen Gebiete der Tierpsychologie sich von blassen, unfruchtbaren Hypothesen fern zu halten.

So kommt es, daß trotz der großen Fortschritte, welche die Ameisenforschung in den letzten Jahren gemacht hat, noch immer so viele falsche Vorstellungen in weiten Kreisen der Gebildeten verbreitet sind, noch immer die Ameisen von den meisten gewissermaßen als Miniaturmenschen mit menschlichen Anschauungen, Gefühlen und Urteilen ausgestattet betrachtet werden.

Ich möchte mich nun hier nicht etwa selbst in den unfruchtbaren Streit um die geistigen Fähigkeiten der Tiere im allgemeinen und der soziallebenden Insekten im besonderen einlassen. Muß doch das Resultat bei dem heutigen Standpunkt unserer Kenntnis ein sehr hypothetisches, wenn nicht völlig negatives sein. Das zeigt ja ein Blick auf die grundverschiedenen Anschauungen, wie sie von den einzelnen Ameisenforschern mit Hartnäckigkeit, mit mehr oder weniger Spitzfindigkeit, aber leider stets ohne wirkliche Beweiskraft verteidigt werden.

Neben den oberflächlichen Anschauungen der vulgären Tierpsychologen, zu denen man leider auch den sonst so verdienstvollen Brehm, vor allem aber Ludwig Büchner, rechnen muß, für die es eine a priori ausgemachte Sache ist, daß die Ameisen menschliche Intelligenz besitzen,

steht die Meinung des bekannten Zoologen A. Bethe, welcher in den vielumstrittenen Tierchen nichts anderes als vernunftlose Reflexmaschinen erblickt, deren gesamtes Tun und Handeln ausschließlich von blinden Reflexen diktiert wird.

Die überwiegende Mehrzahl der ernstzunehmenden Forscher, so Wasmann, Lubbock, Wheeler u. v. a., nehmen gewissermaßen eine Mittelstellung zwischen diesen beiden Extremen ein, indem sie den Ameisen zwar auch ein logisches Denken und die Fähigkeit, Schlüsse zu ziehen, absprechen, ihnen aber auf der anderen Seite einen hochentwickelten Instinkt und ein sehr vervollkommnetes plastisches Anpassungsvermögen zuerkennen. Der ausgezeichnete Ameisenforscher August Forel, der nach meiner Ansicht den gesundesten Standpunkt vertritt, gehört nicht in die Reihen der zuletzt genannten Biologen, obwohl er meist in dem gleichen Atem genannt wird. Er geht nämlich insofern weiter, als er den Ameisen sowohl, wie überhaupt den staatenbildenden Insekten ein wenn auch primitives Schlußvermögen und damit Vernunft zuerkennt.

In seiner schönen, gedankenreichen Schrift „die psychischen Fähigkeiten der Ameisen und einiger anderer Insekten" faßt der Schweizer Gelehrte seine Meinung in folgendem Satze zusammen: „Aus allen den übereinstimmenden Beobachtungen der Kenner geht somit hervor, daß Sinnesempfindung, Wahrnehmung, Assoziation, Schlußvermögen, Gedächtnis und Gewohnheit bei den sozialen Insekten im großen und ganzen den gleichen Grundgesetzen folgen wie bei den Wirbeltieren und bei uns."

Doch wir wollen uns hier nicht weiter auf dem so unsicheren Boden der Ameisenpsychologie bewegen, sondern lieber einige interessante Tatsachen aus dem Leben der klugen Tierchen, über den Bau ihrer Nester ihre Nahrungssorgen und dann vor allem auch etwas über die allgemeinen Methoden der Ameisenforschung, die den meisten völlig unbekannt sind, kennen lernen.

Da sich das Leben der Ameisen zum größten Teile unter der Erde oder im Innern des Nestes abspielt, so ist schon aus diesem Grunde eine eingehende und erschöpfende Beobachtung der Tiere in der freien Natur so gut wie ausgeschlossen, und der Forscher muß zu künstlichen Hilfsmitteln seine Zuflucht nehmen, wenn er tiefer in ihr Leben und ihre Gewohnheiten eindringen will. Vor allen Dingen spielt aber auch das Experiment, daß man die Tiere unter künstlich geschaffene, besondere Bedingungen bringt und nun beobachtet, wie sie sich unter diesen veränderten Verhältnissen benehmen und sich mit ihnen abfinden, eine bedeutende Rolle zur Erkenntnis ihrer geistigen

Fähigkeiten. Daß natürlich daneben und Hand in Hand hiermit die Beobachtung in freier Natur und unter normalen Lebensbedingungen gehen muß, braucht wohl keiner besonderen Hervorhebung. Andernfalls könnte man ja niemals zu einer wirklich naturwahren Vorstellung gelangen.

Um die Ameisen zu Hause ohne jede Störung beobachten zu können, verwendet man die verschiedensten Arten von künstlichen Nestern, die so weit wie möglich ihren natürlichen Bedürfnissen Rechnung tragen und ihnen die notwendige Bewegungsfreiheit lassen. Gleichzeitig muß man aber bei Konstruktion der Nester darauf bedacht sein, daß man dieselben nicht zu umfangreich macht, sondern die Tierchen jederzeit ohne jede Beunruhigung für sie zu beobachten vermag. Derartige Nester wurden in großer Zahl und den verschiedensten Formen von Wasmann, Janet, Huber, Forel, Lubbock etc. hergestellt und haben sich trefflich bewährt.

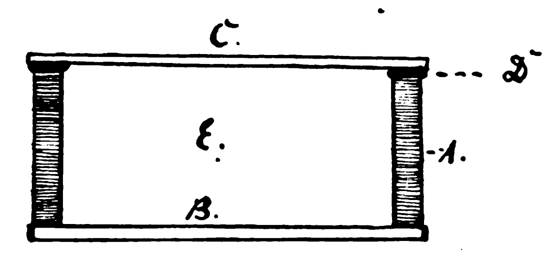


Fig. 1. Lubbock-Nest. (Querschnitt.)
A. Holzrahmen, B. Glasboden, C. Glasdeckel, D. Filzstreifen, E. Nestinneres.

Das einfachste und gebräuchlichste Nest, das sich jeder ohne viele Kosten leicht selbst herstellen kann und das für die meisten Beobachtungszwecke ausreicht, ist das sogenannte Lubbock-Nest. (Fig. 1.) Je nachdem man größere oder kleinere Ameisenarten zu halten wünscht, fertigt man sich einen viereckigen Holzrahmen von 4—7 mm Höhe an. Als Boden dieses Kästchens, das man nicht zu groß wählen soll, höchstens 20—25 cm im Quadrat, verwendet man eine dünne Glasplatte, welche allseitig fest eingekittet wird. Den Deckel des so hergestellten Kästchens bildet ebenfalls eine Glasplatte, die aber nur lose heraufgelegt werden darf, damit eine genügende Luftzirkulation im Neste erhalten bleibt. Am besten ist es sogar, wenn man zu diesem Zweck einen wolligen Tuchstreifen auf der Oberseite des Rahmens befestigt und erst hierauf den Deckel legt.

Nachdem dann noch etwas Erde in das Nest gefüllt wurde, ist es fertig, um seine zukünftigen Bewohner aufzunehmen. Die Fütterung und Tränkung der Ameisen kann man nun entweder in der Weise vornehmen, daß man Nahrungsstoffe und Wasser einfach von Zeit zu Zeit von oben in das Nest tut. Besser aber ist eine Methode, die von Forel

angewendet wurde. Dieser stellte nämlich das ganze Nest, das dann an der einen Seite eine kleine Öffnung zum Aus- und Einlaufen der Bewohner bekommt, auf einen Tisch und umgibt es, um ein Entweichen der Ameisen zu verhindern, mit einem Wall aus feingemahlenem Gips. In dem so gebildeten freien Hof können dann die Tiere ihre Nahrung selbst suchen.

Auf die sonst noch zur Verwendung gelangenden verschiedenen Nestformen will ich nicht näher eingehen, erwähnt sei nur, daß zu manchen Forschungszwecken recht kompliziert gebaute, aus zahlreichen, verschiedenen Abteilungen bestehende Nester hergestellt werden müssen. Im allgemeinen wird man aber auch schon mit dem einfachen Lubbock-Nest bei entsprechender Sorgfalt gute Resultate erzielen können.

Es ist unglaublich, wie schnell sich die Ameisen an die fremden Verhältnisse gewöhnen. Oft bereits nach wenigen Stunden beginnen sie sich in der neuen Heimat wohnlich einzurichten, Gänge und Kammern zu bauen, ihre Eier und Larven in Sicherheit zu bringen und nicht lange, so geht alles in der Kolonie seinen gewohnten Gang, und man kann jetzt fast mühelos die Ameisen auch in ihren sonst allen Blicken entzogenen Beschäftigungen belauschen. Ohne dieses im Grunde so einfache Hilfsmittel wären viele bedeutende Fortschritte in der Kenntnis der Ameisenbiologie kaum möglich gewesen.

Wenden wir uns jetzt dem Nestbau einiger Ameisenarten in der freien Natur zu. Über die hochinteressante Anlage von „Blumengärten“ in den Kronen der Bäume hat bereits im verflossenen Jahre E. Ule in dieser Zeitschrift auf Grund eigener Beobachtungen, die er an verschiedenen Arten des Amazonenstromgebietes anstellen konnte, berichtet. Heute möchte ich nun auf den Nestbau einiger anderer tropischer Ameisen kurz zu sprechen kommen, der wohl an Merkwürdigkeit die „Blumengärten“ noch übertrifft. Ist es doch bisher der einzige bekannte Fall, daß ein Tier die eigenen Jungen bei seiner Arbeit als Instrumente verwendet.

Bereits vor mehreren Jahren hatte Ridley und nach hm einige andere Forscher Beobachtungen über den Nestbau einer indischen Laubameise, Oecophylla smaragdina, und einer brasilianischen Art, Camponotus senex, veröffentlicht, die aber wegen ihrer Absonderlichkeit keinen rechten Glauben fanden. Diese beiden Arten sollten nämlic zur Herstellung ihrer Gewebe, wie sie solche beim Nestbau anfertigten, sich der Spinndrüsen ihrer eigenen Larven bedienen, indem die Arbeiterinnen je eine Larve mit den kräftigen Kiefern packten und mit dem aus der Mundöffnung der Larve austretenden Seidenfaden ein feines Gespinst herstellten.

Neuerdings ist es nun dem Münchener Forscher Doflein gelegentlich eines Aufenthaltes in Ceylon gelungen, die Art des Nestbaues bei Oecophylla genau zu beobachten und die Angaben des englischen Zoologen voll zu bestätigen. Die Oecophylla smaragdina gehört im tropischen Indien etc. zu den weitverbreitetsten Arten. Sie zeichnet sich besonders dadurch aus, daß sie ihre Nester in den Laubkronen der Bäume oder im Buschwerk anlegt und dabei die lebenden Blätter der betreffenden Wirtspflanze mit zum Nestbau verwendet. Es geschieht dies in der Weise, daß die Blätter dicht zusammengebogen und dann mittels eines feinen, aber festen Gespinstes miteinander verbunden werden. In der Regel gehören zu einer Kolonie neben dem einen Hauptneste, in welchem sich außer den Arbeitern auch die Geschlechtstiere, Eier, Larven und

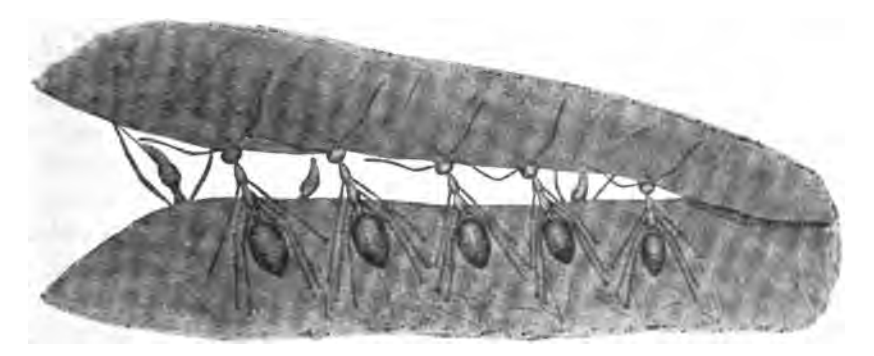


Fig. 2. Reparatur eines Spaltes im Neste von Oecophylla smaragdina. (Nach Doflein.)

Puppen, befinden, noch zahlreiche kleinere, sogenannte Nebennester. Diese werden immer an solchen Stellen des Baumes oder Strauches angelegt, an welchen sich größere Mengen von Blattläusen befinden, die bekanntlich wegen ihrer süßen Exkremente von den Ameisen sehr geliebt und ganz ordnungsgemäß durch leichtes Streicheln des Hinterleibes und Betrillern mit den Fühlern gemolken, d. h. zur Ausscheidung ihrer Exkremente veranlaßt werden. Die Nebennester vertreten also gewissermaßen die Stelle von Viehställen. Demzufolge finden wir in ihrem Innern auch lediglich neben den Blattlaus-Kühen nur noch Arbeiter-Ameisen. Ständig ist ein großer Zug von Arbeitern von dem Hauptneste nach den Viehhürden unterwegs, um für die Verproviantierung der jungen Brut und der Geschlechtstiere zu sorgen.

Lange Zeit war es nun Doflein ein Rätsel, auf welchem Wege die Oecophylla das seidenartige Gespinst zur Herstellung ihrer Nester beschaffte, um so mehr, da die Arbeiter keinerlei Spinndrüsen besitzen

und ihm die Ridleyschen Vermutungen unbekannt waren. Eine intimere Beobachtung der Tierchen aus gehöriger Nähe war ebenfalls mit einigen Schwierigkeiten verknüpft, da die wehrhaften Gesellen jedes Eindringen in ihr Gebiet äußerst übel aufnehmen, wie die Wütenden über den Störenfried herfallen und ihn mit den Bissen ihrer kräftigen Kiefern bearbeiten.

Kurz vor seiner Abreise beschloß jedoch der Forscher aller Schwierigkeiten ungeachtet der Sache auf den Grund zu gehen. Bald hatte er in der Krone eines hohen Baumes ein Nest entdeckt, und nicht lange, so war er in der unmittelbaren Nähe, und hatte nun erstmal einen Ansturm der kleinen, roten Burschen zu überstehen, deren Wut sich aufs äußerste steigerte, als Doflein durch einen kühnen Griff an der einen Seite der Nestwand einen klaffenden Riß verursachte.

Allmählich aber trat wieder Ruhe an die Stelle der Aufregung, und die Tiere begaben sich daran, den entstandenen Schaden gut zu machen. Eine große Schar von Arbeitern stellte sich in Reih und Glied zu beiden Seiten des Spaltes auf den auseinandergerissenen Blättern auf, sie krampften sich mit ihren scharfen Krallen fest auf deren Oberfläche ein. Dann reckten sich die Tierchen so weit wie möglich über den Blattrand herüber, bis es ihnen endlich gelungen war, mit ihren Kiefern den Blattrand auf der anderen Seite des Spaltes zu ergreifen (Fig. 2).

Jetzt begann der schwierigste Teil der Arbeit. Langsam und vorsichtig einen Fuß nach dem andern zurücksetzend versuchten sie die beiden Ränder des Spaltes einander zu nähern. Endlich war das schwere Werk gelungen; da, ein heftiger Windstoß, und die mühevolle Arbeit von fast einer Stunde war wieder vernichtet. Aber dieser Mißerfolg entmutigte die kleinen Gesellen keineswegs. Mit unermüdlichem Eifer machten sie sich von neuem an ihre Bauarbeit, und nicht lange, dann war der Spalt wieder zusammengezogen. Während einige der Arbeiter die beiden Ränder in dieser Lage festhielten, säuberten andere sorgfältig die Blätter von den alten zerrissenen Gewebsfetzen, die sie mit ihren Kiefern ergriffen, an eine freie Stelle trugen, um sie hier vom Winde forttragen zu lassen.

Nachdem in dieser Weise alle nötigen Vorarbeiten erledigt waren, stieg auf einmal ein frischer Zug von Arbeitern aus der Tiefe des Nestes empor, von denen jeder eine Larve zwischen den kräftigen Kiefern trug (Fig. 3). Diese letzteren verteilten sich nun in regelmäßigen Abständen zwischen die festhaltenden Ameisen, und bald sah man sie hier mit den im Munde gehaltenen Larven eigentümliche Zickzackbewegungen ausführen. Da der Spinnfaden, der bei dieser Prozedur aus der Mundöffnung der Larve quillt, so dünn ist, daß man ihn mit unbewaffnetem Auge nicht zu

sehen vermag, so konnte sich unser Beobachter zuerst das rätselhafte Verhalten der Arbeiter nicht erklären. Zu seinem Erstaunen sah er dann aber, wie allmählich zwischen den beiden Spalträndern ein feines, seidenartiges Gewebe entstand, das immer dichter und fester wurde. Da war denn nun kein Zweifel mehr möglich, die Tierchen benutzten in der Tat ihre eigenen Jungen als Spinnrocken und Weberschiffchen.

Jetzt waren auch die vorher so unverständlichen Zickzackbewegungen, welche die Arbeiter mit den Larven ausführten, erklärlich. Zuerst drückten nämlich die Arbeiter den Kopf der Larve auf die eine Seite des Risses und hefteten so hier den Spinnfaden fest, dann schoben sie die Larven auf die andere Seite des Spaltes herüber und wiederholten dort das Gleiche. So füllte sich allmählich der Riß mit einem unentwirrbaren Netz sich überkreuzender Fäden.

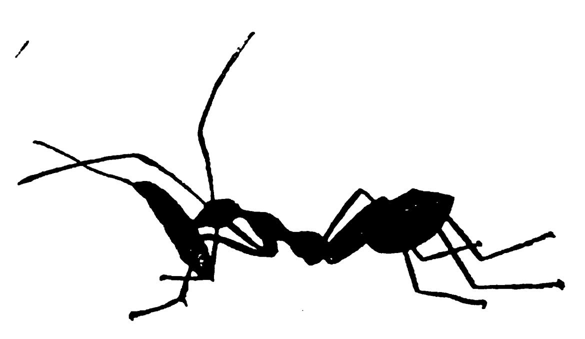


Fig. 3. Arbeiterin von Oecophylla smaragdina mit Larve.
(Nach Doflein.)

Neben dem im Tierreiche wohl einzig dastehenden Falle, daß sich Tiere bei ihrer Arbeit eines Werkzeuges bedienen, zeichnet sich auch sonst das Verhalten der Oecophylla beim Nestbau durch eine überraschende Ordnung, zielbewußte Überlegung und straffe Zusammenarbeit aus.

Ein sehr interessantes Verhalten zeigen auch manche in lebenden oder abgestorbenen Stämmen von Bäumen hausende Ameisen. Ein bekannter heimischer Vertreter dieser Art ist die kleine, kaum einen halben Zentimeter Länge erreichende, glänzend rotbraune Colobopsis truncata. Mit Hilfe der äußerst kräftigen, scharfen Mandibeln (Kiefern) vermag die Ameise selbst in dem härtesten Holze ihre labyrinthartigen Gänge und Kammern zu bauen. Die Mündungen dieser Holznester auf der Außenseite der Rinde sind im allgemeinen sehr klein und unauffällig, so daß sie den Tieren gerade noch Einlaß gewähren. Man kann solch einen von der Colobopsis bewohnten Ast oder Stamm erst lange absuchen, ehe man den Eingang zu finden vermag. Am ehesten kommt man noch zum Ziele, wenn man die auf dem Baume herumlaufenden Arbeiter verfolgt und genau beobachtet, an welcher Stelle sie im Innern des Stammes verschwinden. Aber die Tür ist ein reines „Sesam öffne

dich". Kaum ist die Arbeiterin im Innern der eben noch sichtbaren Öffnung verschwunden, dann kann man suchen und suchen, man findet nur unverletzte Rinde. Erst bei ganz genauem Zusehen erkennt man, daß an der Stelle des Eingangs die vermeintliche Rinde nichts anderes als der ungewöhnlich vergrößerte Kopf einer Ameise ist, der genau in die Öffnung paßt und sie vollkommen abschließt. Obendrein ist die abgestutzte Oberfläche des Kopfes noch mit Runzeln und rauhen Vorsprüngen verziert und hebt sich infolgedessen überhaupt kaum von der umgebenden Rinde ab.

Bei den Colobopsis-Ameisen finden wir nämlich eine noch weiter durchgeführte Arbeitsteilung als bei den meisten übrigen Ameisen. Neben den Arbeitern werden hier noch besondere Soldaten ausgebildet, denen der Schutz des Nestes in der eben geschilderten Weise obliegt. Von den Arbeitern unterscheiden sie sich, wie schon erwähnt, vor allem durch die veränderte Form des Kopfes, der gewissermaßen zu einem natürlichen Tor umgewandelt ist. Unbeweglich verharren die Soldaten in ihrer Stellung und weichen nicht von dem Eingange zurück. Naht sich jedoch eine zur Kolonie gehörige Arbeiterin, und hat sie sich bei dem verschließenden Soldaten, wahrscheinlich durch Betrillern mit ihren Fühlern legitimiert, so weicht er ein Stückchen zurück, läßt ihr den Durchgang frei, um dann jedoch sofort wieder seinen Posten einzunehmen.

Zu noch sonderbareren Umwandlungen führt die Arbeitsteilung bei Myrmecocystus melliger, dem Besitzer der berühmten Honigtöpfe. Bei diesen Tieren, deren Heimat das südliche Colorado ist, findet man in den unter der Erde gelegenen Nestern besondere Kammern, deren Decke sich durch Rauheit und Unebenheit auszeichnet. Hier hängen unbeweglich dicht nebeneinander Tiere, die man kaum noch für Ameisen halten möchte. Der Hinterleib ist unförmlich zu einer dicken Kugel aufgetrieben, so daß die einzelnen Segmentplatten weit voneinander entfernt und die intersegmentalen Häute bis zum Platzen gedehnt erscheinen. Wir haben in diesen Tieren lebende Vorratskammern vor uns.

Es ist bei fast allen Ameisen zur Sitte geworden, daß nicht sämtliche Individuen einer Kolonie sich um die Ernährungsfrage kümmern, sondern diese Sorge einigen wenigen überlassen. Diese fressen sich dick voll, weit stärker, als es zu ihrem persönlichen Bedarfe nötig wäre, und kehren dann ins Nest zurück, um hier von ihrem Reichtume den hungrigen Kameraden und der Brut mitzuteilen.

Begegnet nämlich eine solche vollgefressene Ameise einer anderen, so beginnt die Fütterung. Mit Fühlern und Vorderbeinen streichelt und betrillert die hungernde Ameise ihre Genossin, bis diese ihre

Kiefer öffnet. Jetzt sieht man die beiden Ameisen längere Zeit Mund an Mund hängen und unter rhythmischen Bewegungen geht ein Teil des Speisebreis in den Magen der Hungernden über, und zwar auch wieder mehr, als sie für sich selbst bedarf, so daß diese jetzt bei einer dritten Genossin die Stelle der Fütternden übernehmen kann, und so fort.

Man muß also bei den Ameisen ein soziales und ein persönliches Fressen wohl unterscheiden. Die gefressene Nahrung wird nämlich zuerst nur in den Vormagen aufgenommen und bleibt hier wie in einem Reservoir für Fütterungszwecke aufbewahrt. Ein eigentliches Fressen der Ameise findet erst dann statt, wenn der Verschluß zwischen Vormagen und Verdauungsmagen geöffnet wird und die Speise in den letzteren übertritt.

Bei Myrmecocystus ist nun dieser ganz normale Vorgang bis ins Extrem gesteigert. Hier werden eben bestimmte Individuen nicht für eine kurze, vorübergehende Zeit, sondern für ihr Leben als Vorratsmagazine benutzt, sie sind dafür aber auch von aller übrigen Arbeit befreit; und haben sich auch nicht etwa um das Einsammeln und Herbeischaffen der Nahrung zu kümmern. Das besorgen die eigentlichen Arbeiter, die auf nächtlichen Expeditionen herausziehen, um den Honigsaft eines bestimmten, von einer Gallwespe verursachten Gallapfels einzusammeln, der so ziemlich die einzige Nahrungsquelle der Tierchen zu sein scheint.

Da der Honigsaft des Gallapfels nur während der kurzen Wochen fließt, in denen die Larve der Gallwespe ihre Entwickelung durchmacht, und dann vollständig versiegt, so wäre bei den Ameisen bald Schmalhans Küchenmeister, falls sie es nicht verstünden, den Honig aufzubewahren. Da sie nicht wie die Bienen aus Wachs Zellen bauen, so haben sie an deren Stelle den Körper ihrer Stammesangehörigen zu Magazinen ausersehen. Sowie also ein derartiger Fouragezug von seiner nächtlichen Arbeit Beute beladen ins Nest zurückgekehrt ist, wird sofort der größte Teil des Honigsaftes an die lebenden Honigtöpfe verfüttert, die ihn für kommende dürre Zeiten in ihrem Kropfe aufspeichern, welcher allmählich derart anschwillt, daß er den ganzen Hinterleib erfüllt und alle übrigen Organe auf einen unscheinbaren Knäuel zusammendrängt.

Zum Schluße wollen wir noch kurz einiger bemerkenswerter Erscheinungen aus den Lebensgewohnheiten der pilzzüchtenden Ameisen gedenken. Die Tatsache, daß verschiedene Ameisenarten nicht nur Körner einsammeln, sondern regelrechten Ackerbau und Gemüsezucht treiben, ist schon seit langem bekannt, aber auch erst in der letzten Zeit vollkommen gewürdigt und genau untersucht. Am bekanntesten sind die Pilzgärten der berüchtigten Blattschneide- oder Visitenameise Südamerikas, die in großen Heerscharen von vielen Tausenden In-

dividuen die Pflanzungen und Bäume überfallen, die Blätter in kleine Stücke zerschneiden und diese zu ihrem Neste schleppen. Dort werden die heimgebrachten Blätter zu einem Brei zerkaut und daraus ein lockerer Komposthaufen hergestellt, in dessen Innern in zahlreichen Kammern und Gängen die Nachkommenschaft und die Geschlechtstiere untergebracht werden.

Kurze Zeit nach der Anlage dieses eigenartigen Nestes sehen wir den ganzen Blatthaufen von den Fäden einer bestimmten Pilzart durchsetzt, die an manchen Stellen zu kleinen Köpfchen, den sogenannten Kohlrabi, anschwellen. Diese letzeren Bildungen sind ein Kulturprodukt der Ameisen, das zeigt sich, weil der Pilz der Pflege der Ameisen entzogen nicht zur Bildung von Kohlrabiköpfchen schreitet.



Fig. 4. Düngung des Pilzgartens.
Die junge Königin hat mit ihren Kiefern einen kleinen Pilzpfropf ergriffen und führt ihn zum After, um ihn mit einem Tropfen ihrer flüssigen Exkremente zu tränken.



Fig. 5. Der gedüngte Pilzpfropf wird wieder in den Pilzhaufen eingefügt.

Diese Kölbchen sind es gerade, um derentwillen die Ameisen den Pilz züchten und die ihre hauptsächlichste Nahrung bilden.

Man sieht also, daß die Tiere ganz richtigen Gartenbau treiben. Der Vorgang der Kohlrabi-Züchtung ist im Grunde genommen ein sehr einfacher. Er besteht darin, daß alle etwa hervorsproßenden Pilzfäden von den Arbeiterinnen sofort abgebissen werden. Die Folge davon ist, daß die Pilzfäden, in ihrem natürlichen Wachstum gehemmt, diese kolbigen Auftreibungen bilden. Doch die Sorgfalt der Ameisen geht noch weiter. Natürlich bildet ihr Komposthaufen nicht nur für ihre Gemüsepflanze einen günstigen Nährboden, sondern auch für zahlreiche Schimmelpilze, die wohl bald alles überwuchern und die ganze Kultur vernichten würden. So besteht denn eine der wichtigsten Arbeiten in dem ständigen Ausjäten alles Unkrautes. Dieses wird auch in so musterhafter und gründlicher Weise besorgt, daß auch nicht ein anderes Gewächs außer dem Kohlrabipilz auf dem Blatthaufen zur Entwickelung gelangt.

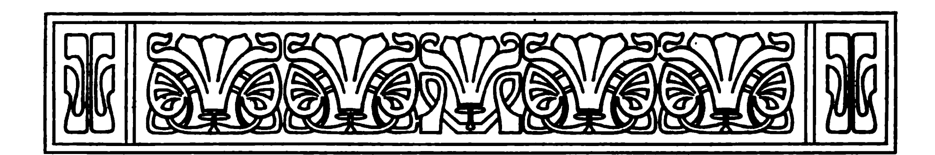
Doch wie jede gärtnerische Anlage des Menschen, so verlangen auch die Pilzkulturen eine regelmäßige Düngung. Früher glaubte man, daß

einfach zerquetschte Eier der Ameisen als Dungmittel verwandt würden. Sind doch die Ameisen unter Umständen überhaupt recht verschwenderisch mit ihren Eiern, und ist es doch zum Beispiele bei der Neugründung einer Kolonie durch eine junge Königin ganz gang und gäbe, daß dieselbe zur Aufzucht ihrer Jungen und auch zur eigenen Ernährung einen Teil, oft sogar einen sehr hohen Prozentsatz ihrer Eier opfert.

Wie man jetzt, namentlich durch die schönen Untersuchungen von Huber, weiß, vollzieht sich die Düngung der Pilzgärten in weit rationellerer und naturgemäßerer Weise, und ist es schwer, bei Betrachtung solcher Fälle, die scheinbar eine ganze Reihe logischer Denkoperationen in sich schließen, nicht in eine anthropopathische Anschauungsweise zu verfallen.

Um den ganzen Vorgang verständlich zu machen, ist es nötig, etwas weiter auszuholen. Da der Kohlrabipilz bisher nur in den Nestern der betreffenden Ameisen gefunden werden konnte, hier aber auch niemals fehlt, so lag die Vermutung nahe, daß bei der Gründung einer neuen Kolonie durch eine junge Königin der Pilz künstlich auf das junge Nest verpflanzt werden müßte. In der Tat hat sich diese Annahme in sehr überraschender Weise bestätigt. Schickt sich nämlich die junge Königin zu ihrem Hochzeitsfluge an, so ist es vorher ihre erste Sorge, daß sie ein Stückchen des Pilzgeflechtes der Stammkolonie abbeißt in einer kleinen Tasche unterhalb der Mundöffnung verbirgt und es so auf ihrem weiteren Lebenswege mit sich führt. Wenn dann das Weibchen nach der Begattung zur Anlage eines neuen Nestes und zur Eiablage schreitet, wird die Pilzmasse herausgenommen, und sie bildet den Grundstock für die Entstehung des Pilzgartens.

Die Sorgfalt, welche die Königin auf ihre Pilzkultur verwendet, ist aber in der Tat auch bewunderungswürdig. Von Zeit zu Zeit tritt sie an ihren Pilzgarten heran, packt einen kleinen Pilzpflock mit ihren Kiefern, hält denselben unter eigentümlicher Verrenkung des Körpers gegen den After und tränkt ihn so mit einem Tropfen der gleichzeitig austretenden flüssigen Exkremente. Der in dieser Weise gedüngte Pilzpfropf wird dann wieder sorgsam an einer beliebigen Stelle in den Pilzgarten eingefügt und fest angedrückt, worauf sofort ein zweiter und dritter Pflock ergriffen und in der gleichen Weise behandelt wird (Fig. 4 u. 5). So wird allmählich von Zeit zu Zeit die gesamte Kultur gedüngt, und der Lohn, ein kräftiges, üppiges Gedeihen, bleibt auch selten aus. Späterhin, wenn erst einige Arbeiter ausgeschlüpft sind, nehmen diese der Königin die Düngungsarbeit zum Teil ab, verfahren aber bei weitem nicht so gründlich, sondern lassen einfach an verschiedenen Stellen ihre Darmentleerung auf die Pilzfäden niederfallen.



21. Versammlung der Astronomischen Gesellschaft in Jena 1906.

Von Dr. **F. Ristenpart** in Berlin.

An der Saale hellem Strande, in dem alten Universitätsstädtchen, das durch Zeiss, Abbe und Schott sich zu einer bedeutenden Industriestadt aufgeschwungen hat, tagte vom 12. bis 15. September die alle 2 Jahre stattfindende Versammlung der Astronomischen Gesellschaft. Nimmt man zu den beiden Anziehungskräften, die Natur und Technik Jena verleihen, noch seine Lage im Herzen Deutschlands hinzu, so erklärt sich ungezwungen die stattliche Zahl von rund 80 Teilnehmern an der Versammlung, die größer war als die irgend einer früheren. Außer Frankreich und der Pyrenäenhalbinsel war kein europäisches Land unvertreten; aber auch über das Weltmeer kamen die Teilnehmer: der braune Felipe Valle aus Tacubaya (Mexico), der energische Porro, der kürzlich von Genua nach der lange verwaisten Sternwarte La Plata übergesiedelt ist und deren Arbeiten in stetem Connex mit denen der großen Sternwarten der Kulturnationen zu halten gedenkt. Noch mehr fesselte das feingeschnittene, kluge, milde Gesicht des greisen Pater Hagen, der Georgetown (Washington) verläßt, um, von jugendlichem Arbeitseifer glühend, die Direktion der Specola Vaticana zu übernehmen.

Die Bedeutung der Astronomischen Gesellschaft liegt einmal in den internationalen Unternehmungen, die sie da organisiert, wo die Kräfte des einzelnen für eine wichtige Arbeit nicht ausreichen, dann in der Pflege der Beziehungen der Mitglieder untereinander, die sie durch ihre Publikationen unterstützt. Die Berichte über diese geschäftlichen Angelegenheiten der Gesellschaft mögen vorab erwähnt werden. Von dem großen Zonenunternehmen der mindestens zweimaligen Beobachtung aller Sterne der Bonner Durchmusterung bis zur 9. Größe an guten Meridiankreisen umfaßt der erste Teil die Dekli-

nationen — 2° bis + 80°. Hiervon sind alle Teilkataloge erschienen, bis auf den zwischen + 70° und + 75° liegenden, von Dorpat zur Bearbeitung übernommenen. Da keine Aussicht war, daß die seit 35 Jahren begonnenen Beobachtungen in absehbarer Zeit in Katalogform erscheinen würden, beschloß die Zonenkommission vor $1^1/_2$ Jahren, die Zone neu beobachten zu lassen. Prof. H. Struve übernahm dieselbe für die Sternwarte Berlin, und deren Observator Dr. Courvoisier hat die erforderlichen 8000 Beobachtungen inzwischen fast vollständig erlangt; die Reduktion ist in gutem Fortschritt. Von der südlichen Abteilung, — 2° bis — 23°, sind die Zonen — 2° bis — 6° von Straßburg soeben, die — 6° bis — 10° von Wien (Ottakring) vor 2 Jahren erschienen; — 10° bis — 14°, Harvard, und — 14° bis — 18°, Washington, sind in 1 bis 2 Jahren, die Zone Algier, — 18° bis — 23°, ist in etwas längerer Zeit zu erwarten, doch sind auch hier die Beobachtungen vollständig erlangt.

Der Katalog der veränderlichen Sterne unter der Leitung der Herren Müller, Hartwig, Dunér und Oudemans schreitet in seiner Bearbeitung rüstig voran. Es sollen aus den Beobachtungen derjenigen Veränderlichen, bei denen dies möglich ist, die Elemente des Lichtwechsels abgeleitet werden. Es sind dies rund 400 unter insgesamt 3000 als veränderlich angezeigten Sternen. Die Publikation der Gesellschaft, die Vierteljahrsschrift, ist nicht mehr wie früher in einem kleinen Rückstand; die unter den Auspizien des Vorstandes der Gesellschaft erscheinenden Astronomischen Nachrichten erfüllen ihre Aufgabe eines astronomischen Zentralorgans nach wie vor. Der Astronomische Jahresbericht, den die A. G. vor 8 Jahren in Budapest ins Leben rief, ist nach dem viel zu früh erfolgten Tode seines Begründers Wislicenus jetzt in den Händen von Prof. Berberich-Berlin, der ihn in gleicher Weise fortführt. Er enthält nicht nur die Titel aller neu binnen Jahresfrist erschienenen astronomisch interessierenden Publikationen, sondern auch kurze wertvolle Referate.

Ihren internationalen Charakter betätigte die Gesellschaft auch in der Annahme einer von W. Foerster beantragten Resolution, betr. die Sternwarte Greenwich. Dort hat das Londoner Counting Council in nur 800 m Entfernung und unglücklicherweise fast genau im Süden des berühmten Meridiankreises, durch den der Nullmeridian geht, ein Elektrizitätswerk errichtet, das mächtige Rauchwolken nach dem Observatorium hinübersendet. Bei Fortbestand dieser Zustände müßte die Sternwarte, nach deren Ort die Schiffahrt aller Nationen ihre Längen bestimmt, vom Platze weichen. Die A. G. sprach in ihrer Resolution die Hoffnung aus, daß das Greenwicher Observatorium nach Beseitigung der Störung auf seinem historischen Platze weiter bestehen

3*

möge. In der Diskussion wurde darüber geklagt, daß auch sonst die Technik mit ihren störenden Einrichtungen den Observatorien bisweilen unangenehm nahe auf den Leib rücke.

Die Bearbeitung der Kometen ist gleichfalls ein von der A. G dauernd überwachtes Gebiet. Für die noch vor 1850 erschienenen Kometen hat Herr Lindemann-Sidmouth einen Preis ausgesetzt, der von der Gesellschaft aus den Zinsen einer von ihm gemachten Stiftung an die Berechner ausbezahlt wird. Diesmal waren Preisempfänger die Herren:

F. Roß-Gaithersburg (Maryland) für den Kometen 1844 II,
Peck-Syracuse (Mass.) „ „ „ 1819 II,
Fayet-Paris „ „ „ 1845 III.

Außerdem kann die A. G. Exemplare der Neuausgabe der dreibändigen Bonner Durchmusterung, gleichfalls aus einer Stiftung desselben Mäcens, zur Belohnung anderer verdienstvoller Arbeiten verleihen. Empfänger waren dieses Mal die Herren Sigurd Enebo (Christiania), Dr. Guthnick, zweiter Observator der Sternwarte Berlin, Fagerholm (Upsala).

Die Reihe der Vorträge eröffnete der Vorsitzende Seeliger-München mit einer Mitteilung über die Perihelbewegung des Merkur. Dieselbe ist bekanntlich 40″ größer, als die Theorie es erklären kann. Seeliger sucht die Ursache in der bisher nicht in Rechnung gezogenen Attraktion der Zodiakallichtmaterie auf den in ihr kreisenden Planeten. So minimal auch die Partikelchen des Zodiakallichts im einzelnen sein mögen, so müssen sie insgesamt doch eine merkliche Masse haben, da sie sich, wie die Beobachtung lehrt, vom Sonnenrande mindestens bis zur Venusbahn erstrecken. Folgende Annahmen genügen zur Erklärung der Anomalie. Die Zodiakallichtmaterie kann man sich in 2 Rotationsellipsoiden, einem äußeren und einem inneren, untergebracht denken, deren große Achsen sich zueinander wie 8:5 verhalten. Die Dichtigkeit des inneren ist $2.51 (\pm 1.15) \cdot 10^{-11}$ von der Sonnendichte, die des äußeren $2.60 (\pm 2.19) \cdot 10^{-15}$, also nur $^1/_{10000}$ der des inneren Ellipsoids; die Neigung der Äquatorialebene beider gegen die Ekliptik beträgt $6^0.95 \pm 0^0.97$, und der aufsteigende Knoten auf dieser liegt in $40^0 \pm 7^0$. Die Masse des Zodiakallichtes muß zu 3.5×10^{-7} Sonnenmassen angenommen werden, also etwa gleich der des Merkur. Ferner muß angenommen werden, daß unser Koordinatensystem gegen den ruhenden Fixsternhimmel eine Drehung von $-5''.69 \pm 1''.60$ im Jahrhundert macht, mit andern Worten, daß wir die Bewegungen unserer Fundamentalebenen im Raume in den bisherigen Präzessionswerten nicht richtig zum Ausdruck bringen. Mit diesen Zahlenwerten wird nicht nur die Perihelbewegung des Merkur nunmehr der Beobachtung entsprechend erhalten, sondern es finden

auch die anderen kleinen Abweichungen in den säkularen Änderungen der Neigungen, der Knoten und Perihellängen des Merkur, der Venus und des Mars sowie des Perigäums, die Newcomb in seinem fundamentalen Werk „Secular Perturbations" ermittelt hat, und die größtenteils nicht den Betrag ihres wahrscheinlichen Fehlers erreichen, ihre Erklärung.

Im ganzen werden 10 Differenzen „Beobachtung minus Theorie" aus 5 Parametern abgeleitet. Da aber unter diesen Differenzen mehrere kleiner sind als ihre wahrscheinlichen Fehler, so ist, wie Charlier-Lund in der Diskussion bemerkt, doch die Zahl der erklärten Werte kaum größer als die der gemachten Annahmen, und der Charakter einer Hypothese bleibt daher an dem wertvollen Erklärungsversuch haften.

Albrecht-Potsdam berichtet über Ergebnisse drahtloser Übermittlung der Zeitsignale bei Längenbestimmungen. Die Fritter der Empfangsapparate haben sich bei zwei Versuchsreihen: Köpenick—Potsdam über 33 km und Brocken—Nauen—Potsdam über 183 resp. 32 km als hinreichend präzise erwiesen. Der mittlere Fehler einer Signalübertragung ergab sich nur zu $\pm 0^s.002$, während ± 0 .003 für die Drahtsignale anzunehmen ist. Da die Marconistation in Cornwall den Schiffen auf ihrer Reise nach Amerika bis auf 1300 km Nachrichten übermittelt, so würde bald eine einzige im Herzen von Deutschland errichtete Sendestation Signale über ganz Europa geben können. Verfügen nun die dort verteilten Längenstationen über gutes Wetter, so daß sie ihre Ortszeit sicher vom Himmel herunter holen können, so würde eine einzige Woche genügen, um aus den Ankunftszeiten der drahtlos entsandten Signale sämtliche europäischen Längenunterschiede zu bestimmen, und zwar mit einem mittleren Fehler von $0^s.002$, dem im mittleren Europa eine Strecke von etwa 60 cm entspricht.

Hartmann-Potsdam erläutert seinen neuen Spektrokomparator[1]) zur Bestimmung der Linienverschiebungen in Sternspektren und damit zur Ermittlung der Bewegungen in der Gesichtslinie. Die Genauigkeit der Messungen wird dadurch eine sehr hohe, nämlich ± 0.1 km, während bisher $\pm \frac{1}{4}$ km der Fehler der besten Messungen war. Vor allem macht der Apparat die Visionsbewegungen unabhängig von den Wellenlängen der Linien der nebengelagerten Vergleichsspektra, die im Laboratorium lange nicht mit der Schärfe bestimmt sind, wie sie der Astrophysiker gebraucht.

Sehr interessant war der durch sorgfältige Zeichnungen erläuterte Vortrag von H. Ebert-München über anormale Dispersion. Diese

---

[1]) Wir gedenken hierüber bald eine ausführlichere Mitteilung zu veröffentlichen.

tritt in den Spektren auf, wenn ungefähr prismatisch begrenzte Gase vor der Lichtquelle lagern. Es tritt dann in der sonst stetig verlaufenden Intensität eines kontinuierlichen Spektrums eine Unstetigkeit ein. Nach der roten Seite zu wächst an der betreffenden Stelle die Helligkeit; nach dem Violett zu sinkt sie, und es wird das Auftreten einer hellen, nach dem Rot verschobenen, neben einer dunkeln, nach dem Violett verschobenen Linie vorgetäuscht, deren Verschiebungen von den Astrophysikern fälschlich als Bewegungen im Visionsradius gedeutet werden können. Auffallend ist die große Zahl der spektroskopischen Doppelsterne, die $^1/_8$ der Gesamtzahl der überhaupt spektroskopisch untersuchten Gestirne beträgt, während die visuellen Doppelsterne einen viel kleineren Bruchteil der Gesamtzahl der Sterne bilden. Vielleicht sind hier die Linienverschiebungen, aus deren periodischem Hin- und Herschwanken die Astronomen auf eine Revolutionsbewegung des Sterns schließen, teilweise auf anormale Dispersion zu schieben, und nur ein Teil dieser Sterne bildet wirklich Binärsysteme. Ferner hat es von jeher Zweifel erregt, welche ungeheuren Geschwindigkeiten sich für das Aufsteigen und Abstürzen der Protuberanzen der Sonne aus deren Linienverzerrungen nach dem Dopplerschen Prinzipe ergeben. Bei Annahme von Gasen, welche das Licht des Sonnenrandes anormal dispergieren, könne man die Erscheinungen ohne die explosiven Geschwindigkeiten von Tausenden von Kilometern erklären. Da die Sonne eine gasförmige Oberfläche habe, so sei ohnehin nicht einzusehen, warum der Austritt der Protuberanzengase mit solcher Heftigkeit erfolgen solle.

Von der sehr angeregten Diskussion seien nur die Ausführungen Hartmanns wiedergegeben, die eine Erläuterung zu den Worten Vogels: „die anormale Dispersion könne niemals die Linienverschiebungen in den Sternspektren erklären", bildeten. Gesetzt, es finde auf einer fernen Sonne ein Gasausbruch statt, der das Sternenlicht, das durch diese „Protuberanz" hindurchgeht, anormal dispergiere, so sei dies doch nur ein kleiner Teil des gesamten Sternenlichtes. Da nun der ganze Stern uns in punktförmigem Bilde erscheine, so werde im Spektrum jener minimale Teil dispergierten Lichtes nicht merkbar. Man müßte schon das Gasprisma so groß annehmen, daß alles Sternlicht hindurch muß, um Linienverschiebungen auf diesem Wege erklären zu können. Außer bei den neuen Sternen, die nach Seeligers Theorie in gewaltige kosmische Gasmassen eindringen, haben wir aber dafür keinen Anhalt. Einen denkbaren Spezialfall würde eventuell das Algolsystem bilden. Wenn hier der eine Stern genau zwischen dem andern und der Erde steht und eine mächtige Atmosphäre hat, so wird ja der größte Teil des Lichtes des dahinten stehenden Sterns überhaupt abgefangen; ein

kleiner Teil geht aber durch die Atmosphäre rings um den vorderen, und dieser könnte anormal dispergiert werden. Einen solchen Spezialfall glaubt Hartmann jetzt vor kurzem entdeckt zu haben.

Für die Sonnenprotuberanzen leistet übrigens Eberts Annahme im Grunde nichts anderes als die bisherige. Soll anormale Dispersion des Sonnenrandes eintreten, so müssen Gase da sein, die sie erzeugen, d. h. Protuberanzen. Die starken Bewegungen der Protuberanzenlinien erklärt die anormale Dispersion mit raschen Dichtigkeitsänderungen in den dispergierenden Gasen. Diese Dichtigkeitsänderungen können aber ohne Gastransporte nicht gut zustande kommen, also sind wieder dieselben raschen Bewegungen nötig, die die Astronomen ohnehin annehmen.

Entschieden war die Diskussion Ebert-Hartmann das Wertvollste an den Darbietungen des Kongresses. Sie hat wohl bei allen astronomischen Zuhörern das beruhigende Gefühl hervorgerufen, daß wir nicht auf unsicherem Boden stehen, wenn wir Linienverschiebungen als Bewegungen in der Gesichtslinie deuten, und daß, von ganz besonderen Spezialfällen abgesehen, die anormale Dispersion von der Astrophysik außer acht gelassen werden darf.

Auf dem Gebiete des Dreikörperproblems sind, wie Burrau-Kopenhagen ausführt, Fortschritte nicht gemacht worden, seitdem Bruns seinen berühmten Satz bewies, daß außer den bekannten geschlossenen Integralen des Problems weitere nicht existieren. Zur Untersuchung von Spezialfällen der Bewegung eines Planeten, der von zwei Sonnen angezogen wird, ist man seither auf Reihenentwicklungen angewiesen. Burrau selbst hat in einer gekrönten Preisschrift der Kopenhagener Akademie den Fall untersucht, wo die beiden Sonnen an Masse gleich sind und ihrerseits dieselbe Kreisbahn um ihren Schwerpunkt durchlaufen. G. H. Darwin (Sohn von Charles) in Cambridge behandelt den Fall, wo die eine Sonne $^1/_{10}$ der Hauptmasse hat. Burrau erhofft von der Erstellung besonderer Tafeln der Hyperbelfunktionen, die bei Reimer in Berlin erscheinen sollen, rechnerische Fortschritte auf diesem überaus schwierigen Gebiete.

Über den gegenwärtigen Stand der Polhöhenforschung berichtet Albrecht-Potsdam. Immer mehr stellt sich heraus, daß die aus einer Wanderung der Pole auf der Erdoberfläche — vielleicht in Verbindung mit Oszillationen des Erdschwerpunkts in der Richtung der Erdachse und mit Refraktionsanomalien von jährlicher Periode — entstehende Breitenvariation sich keinem Gesetze fügt, so daß die angestellten Beobachtungen dauernd im Gange bleiben müssen. Gegenwärtig sind folgende Stationen tätig: Pulkova (+ 59° 46′), Leiden (+ 52° 9′), die internationalen nördlichen Stationen Mizusawa (Japan), Tschardjui (Turkestan), Carlo-

forte (Sardinien), Gaithersburg (Maryland), Cincinnati (Ohiò), Ukiah (Californien) (+ 39°8′), Tokio (+ 35°39′), Johannesburg (— 26°12′), die internationalen südlichen Stationen Bayswater (bei Perth, Westaustralien) und Oncativo (Argentinien) (— 31°55′). Davon sind die beiden internationalen Südstationen nur für eine 2jährige Tätigkeit besetzt.

Palisa-Wien hatte in Lund vor 2 Jahren den Plan entwickelt, in Verbindung mit Wolf photographisch erstellte Karten, zunächst der Ekliptikalgegend, in etwa dem doppelten Maßstab der Bonner Karten und bis zu weit schwächeren Sternen anzufertigen. Die erheblichen Mittel hierfür, die er von privater Seite zu erhalten hoffte, sind ihm indessen nicht geworden. Er hat nun das Projekt dahin abgeändert, einfach Wolfs Planetenplatten in Originalgröße zu reproduzieren, nachdem sie mit einem Gradnetz versehen sind.

Zugleich legt Palisa einen von ihm für 1875.0 erstellten Sternkatalog aus den Jahresresultaten von Sternbeobachtungen vor, die in den Wiener Annalen von 1843—1879 publiziert sind. Auf eine Anfrage berichtet Hofrat Weiß, der Direktor der Wiener Sternwarte, daß auch die Reduktion der von Oeltzen 1855—1859 an hellen Fäden zonenweise beobachteten schwachen Sterne zwischen + 16° und + 20° durch Bidschof-Triest in Angriff genommen sei.

Ristenpart-Berlin begründet den Vorschlag, alle in dem Zeitraum von rund 1900 bis 1950 zu beobachtenden Sterne nicht in Sternkataloge für mehrere verschiedene Äquinoktien zu vereinigen, sondern für sie das eine Normaläquinox 1925 anzuwenden, und erläutert eine neue Art der Präzessionsberechnung, die vor der bisherigen große Arbeitsersparnis voraus hat, wenn es gilt, viele Positionen aus einem Jahre auf ein anderes zu bringen. Er beabsichtigt, solche Tafeln zur Reduktion auf 1925 zu erstellen.

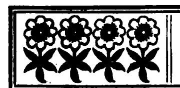
Die Herren Schorr-Hamburg, Schwarzschild-Göttingen und Esch-Valkenburg (holländisches Jesuitenkolleg) legen die prachtvollen Korona-Aufnahmen vor, die sie bei der Sonnenfinsternis am 30. August 1905 erhalten haben. Besonders interessant sind matte Hüllen von Koronalicht, die mehrere große Protuberanzen konzentrisch umgeben. Wolf-Heidelberg erfreute die Versammlung durch Projektionen neuester Aufnahmen der Milchstraße, ihrer Nebel, Sternleeren und Höhlen, von der Sternwarte Königsstuhl.

Während der 4 Versammlungstage hatte die Firma Zeiss in der unteren Halle des Volkshauses, in dessen kleinem Saal die Sitzungen stattfanden, eine Ausstellung ihrer interessantesten, neuesten Apparate veranstaltet. Da war das photographische Doppelfernrohr für die Aufnahme der Sonnenumgebung der Hamburger Finsternisexpedition ver-

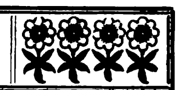
treten, der Pulfrichsche Stereokomparator für irdische und himmlische Objekte, Hartmanns Spektrokomparator, Aussichtsfernrohre für 2 Augen mit 130facher Vergrößerung und vieles, vieles andere. Ferner fand eine Führung durch die optische Werkstätte von Zeiss und eine andere durch das Glaswerk von Schott statt, die eine Fülle der Belehrung bot. Die für die Urania in Zürich bestimmten Instrumente waren zu sehen. Hier war eine neue ökonomische Idee bezüglich der Kuppel des Refraktors zur Ausführung gebracht. Anstatt des Spaltes ist nur ein kreisrundes Loch vorhanden, mit einem kurzen Rohr umgeben, in welches das Objektivende hineinragt. Das Ansatzrohr bewegt sich durch elektrische Kontakte.

Daß nach ernstem Arbeiten und wertvoller Belehrung auch die fröhliche Geselligkeit zu ihrem Recht kam, ist bei dem Charakter der gern in die Gläser schauenden Astronomen nicht zu verwundern. Sowohl die weimarische Staatsregierung, als auch die Firma Carl Zeiss zeigten sich als liebenswürdige Wirte. Was letztere in Verbindung mit dem Schottschen Glaswerk unter den Fittichen des Abbeschen Genius aus Jena gemacht hat, das konnten nur die wenigen der Versammelten voll empfinden, die Jena vor 20—30 Jahren kannten, wo es nur das reizvolle, aber bescheidene Universitätsstädtchen war, das Reuter in Hanne Nüte besingt. Aber auch über den jüngeren und den von fernher gekommenen Teilnehmern der Versammlung waltete das Gefühl, an einer Stätte zu weilen, die ein großer und guter Mensch in glücklicher Verbindung mit vortrefflichen Mitarbeitern für alle Zeiten geweiht hatte. Täglich mehrmals kreuzten sie den Carl-Zeiss-Platz, wo zwischen des Forschers bescheidenem Wohnhaus, dessen Arbeitsstätte, der optischen Fabrik, und dessen einzigartigen Schöpfung, dem Volkshause, sich bald allen sichtbar erheben wird das Denkmal von Ernst Abbe.





Himmelserscheinungen.



Übersicht über die Himmelserscheinungen für Oktober, November, Dezember 1906[1]).

1. **Der Sternenhimmel.** Nachstehend ist die Lage der Sternbilder gegen den Horizont angegeben, wie sie am 16. Oktober um 10 Uhr, am 15. November um 8 Uhr und am 15. Dezember um 6 Uhr abends statthat. Dieselbe Stellung tritt an jedem folgenden Tage 4 ^{m} früher ein. Beobachtet man zu andern Abendstunden, so findet man zu späterer Stunde den ganzen Sternendom um soviel Grade (etwa = 2 Vollmonddurchmessern) nach Westen gedreht, als der Zeitunterschied, dividiert durch 4 Minuten, beträgt. Bei früherer Betrachtung stehen umgekehrt die Sternbilder entsprechend weiter nach Osten.

Hoch in der Mittagslinie steht um die angegebene Zeit ein Quadrat von 4 Sternen 2. Größe, dessen Seiten fast genau vertikal resp. horizontal sind und durch dessen Mitte der Meridian verläuft. Die rechte untere Ecke nimmt Markab oder α Pegasi ein, die rechte obere β Pegasi, die linke untere γ Pegasi oder Algenib, die linke obere Sirra, der Hauptstern der Andromeda; an diesen setzen sich links in gerader, ein wenig nach oben umgebogener Linie drei weitere Sterne der Andromeda fort, der Reihe nach δ, dann β oder Mirach, dann γ oder Alamakan; die 4 Andromeda- und die drei Pegasussterne bilden zusammen eine Konfiguration ungefähr wie der große Bär. Über Mirach stehen 2 schwächere Andromeda-Sterne und rechts über dem oberen der berühmte Nebelfleck, den ein unbewaffnetes Auge in mondlosen Nächten sehr gut erkennt. Zieht man die Linie von β nach α Pegasi um das $1^1/_2$fache nach unten durch, so findet man den langsam wandelnden Saturn während des ganzen Quartals dort; zieht man sie aber um ihre dreifache Länge nach unten durch, so trifft man tief am Horizont in Fomalhaut oder α Piscis austrini den südlichsten Stern erster Größe, der für unsere Breiten sichtbar ist. Diese Linie geht durch den Wassermann. An ihn schließt sich rechts der Steinbock, dessen beide Hauptsterne dicht beieinander am rechten Ende des Sternbildes stehen. Ein scharfes Auge erkennt, daß der obere α doppelt ist. Zieht man die Verbindungslinie beider Sterne nach rechts oben durch, so trifft man auf Atair, den Hauptstern des Adlers, den symmetrisch β und γ Aquilae einschließen. Sie stehen am Ostrande der Milchstraße, die hier zum Westhorizont hinabsteigt. Gehen wir in ihr aufwärts, so schließt sich an die kleinen Sternbilder des Pfeiles und des Füchsleins alsbald das prachtvolle Kreuzgestirn des Schwans. Der Fuß des Kreuzes, Albireo, liegt in einer geraden Linie mit den drei Sternen des Adlers und den beiden des Steinbocks. Der kurze Kreuzbalken wird von rechts nach links durch die Sterne δ, γ, ε Cygni gebildet, und diese Gerade setzt sich nach links noch durch einen 4. Stern 2. Gr. ζ Cygni fort; den Kopf des Kreuzes bildet α oder Deneb. Wenn man den Punkt sucht, der α, γ, ε

[1]) Alle Zeitangaben in M. E. Z. Die Stunden nach Mitternacht sind aber nach astronomischer Zählweise um 12 Stunden vermehrt und zum vorigen bürgerlichen Tage gerechnet. Nur bei den Sonnenaufgängen ist die Zeitangabe unserer Taschenuhren beibehalten worden.

Cygni zu einem Rhombus ergänzt, so findet hier ein scharfes Auge dicht bei 2 etwas helleren Sternen den feinen Lichtpunkt 5.—6. Größe, der aus dem zusammenfließenden Lichte der beiden Sterne 61[1] und 61[2] Cygni besteht. Dies ist der uns nächste Stern der Nordhalbkugel, soviel wir wissen. Er steht uns ganz erheblich näher als die vielen helleren Cygnus-Sterne.

Wenn wir den Blick nach Norden richten, so sehen wir den großen Himmelswagen horizontal in geringer Höhe mit der Deichsel nach links zeigend. Es ist bekannt, daß von ihm aus der Pol gefunden wird und daß an den Polarstern sich 6 weitere Sterne so anschließen, daß in dem „kleinen Bären" eine dem großen ähnliche Konfiguration erblickt wird. Die beiden Hinterräder dieses kleinen Himmelswagens sind dem 2. u. 3. Deichselstern des großen Wagens parallel. In der Mitte zwischen den beiden kleinen Parallellinien steht der Hauptstern des Drachen. Zwei weitere helle Drachensterne stehen noch zwischen den Bären; die Hauptmenge der Drachensterne aber liegt vom kleinen Bären nach der Wega hin.

Um die Lage des Meridians zu finden, der als ein Halbkreis auf dem Horizonte senkrecht steht, braucht man für dessen Nordhälfte nur einen Vertikalkreis vom Zenit durch den Polarstern zu ziehen, für die Südhälfte einen Vertikalkreis durch die nachstehend angegebenen hellen (Größe > 3.3) Sterne, die für das beigesetzte Datum um 8 Uhr abends ihren höchsten Stand erreichen.

Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination	Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination
Okt. 1	β Delphini	3.3	20h 33m 10s	+14° 16.4′	Nov. 7	α Pegasi	2.0	23h 30m 7s	+14° 42.3′
2	Deneb	1.6	38 16	+44 57.1	23	α Androm.	2.0	0 3 34	+28 34.7
3	ε Cygni	2.6	42 26	+33 37.5	25	γ Pegasi	2.6	8 26	+14 40.0
10	ζ „	3.0	21 8 58	+29 50.9	26	ι Ceti	3.3	14 41	— 9 20.5
14	β Aquarii	3.0	26 39	— 5 58.8	Dez. 1	δ Androm.	3.3	34 21	+30 21.2
18	ε Pegasi	2.3	39 36	+ 9 27.0	2	β Ceti	2.0	38 55	—18 30.0
	δ Capricorni	3.0	41 58	—16 33.0	9	β Androm.	2.3	1 4 31	+35 7.7
23	α Aquarii	3.0	22 0 59	— 0 46.3	13	ϑ Ceti	3.0	19 22	— 8 39.9
24	ϑ Pegasi	3.3	5 30	+ 5 44.4	18	τ „	3.3	39 44	—16 25.9
Nov. 1	ζ „	3.3	36 49	+10 20.8	20	ζ „	3.0	46 52	—10 47.8
2	η „	3.0	38 38	+29 44.2	21	β Arietis	2.8	49 30	+20 21.2
5	δ Aquarii	3.0	49 42	—16 19.0	23	γ Androm.	2.4	58 11	+41 53.1
	Fomalhaut	1.3	52 30	—30 7.1		α Arietis	2.0	2 1 55	+23 1.4
	β Pegasi	2.5	59 15	+27 34.8	24	β Trianguli	3.0	4 0	+34 32.9

Jeden folgenden Tag kulminieren die betreffenden Sterne rund 4^m (genauer $3^m\ 56^s$) früher, an vorhergehenden Tagen soviel mal 4^m später als 8^h, als die Differenz in Tagen beträgt. Die Kulminationshöhe der Sterne über dem Horizont erhält man durch Addition des Komplements der geographischen Breite zur Deklination. Für Berlin beträgt dieses 37° 29.7′. Fomalhaut hat also dort eine wahre Kulminationshöhe von nur 7° 22.6′ (die scheinbare ist wegen der Strahlenbrechung 7′ größer). Die Kulminationszeit ist für Fomalhaut z. B. am 1. Nov. $8^h\ 20^m$, am 1. Dez. $6^h\ 18^m$.

2. **Veränderliche Sterne.** Es mögen nur die Zeiten angeführt werden, wann die 3 helleren Algolvariablen ihr kleinstes Licht zeigen. Für Algol und λ Tauri nimmt dies das unbewaffnete Auge wahr. Bei δ Librae ist ein Opernglas zu benutzen:

Algol ($3^h\ 2^m + 40^\circ\ 35'$) Größe $2^m.3-3^m.4$. Halbe Dauer des Minimums: $4^1/_2{}^h$.

Oktober	3	10^h	19^m	Novbr.	9	16^h	56^m	Dezbr.	8	9^h	5^m
	6	7	8		12	13	45		11	5	54
	17	18	24		15	10	34		19	20	21
	20	15	13		18	7	22		22	17	10
	23	12	2		29	18	38		25	13	59
	26	8	51	Dezbr.	2	15	27		28	10	48
	29	5	40		5	12	16		31	7	37

λ Tauri ($3^h\ 55^m + 12^\circ\ 14'$) Größe $3^m.4-4^m.5$. Halbe Dauer des Minimums: 5^h.

Oktober	2	15^h	53^m	Oktober	22	10^h	14^m	Dezbr.	12	19^h	32^m
	6	14	45		26	9	6		16	18	25
	10	13	37		30	7	58		20	17	17
	14	12	29	Novbr.	3	6	50		24	16	9
	18	11	21		7	5	42		28	15	2

δ Librae ($14^h\ 56^m - 8^\circ\ 8'$) Größe $5^m.0-6^m.2$. Halbe Dauer des Minimums: 6^h.

Dez. $5^d\ 16^h\ 27^m$, $12^d\ 16^h\ 1^m$, $19^d\ 15^h\ 36^m$, $26^d\ 15^h\ 10^m$.

Der langperiodische veränderliche Mira Ceti in $2^h\ 14^m\ 36^s - 3^0\ 14'$ erreicht am 19. Dezember sein größtes Licht, wo er vermutlich 3.—4. Größe ist; im Minimum ist er $9-10^m$, und der Anstieg des Lichtes bringt ihn bald nach Anfang Oktober in den Sichtbarkeitsbereich eines einfachen Opernglases.

3. **Planeten.** Merkur ist zunächst Abendstern, geht aber bereits in der hellen Abenddämmerung unter; selbst in der Zeit seines größten Winkelabstandes von der Sonne am 11. November versinkt er bei Antares seines tiefen Standes wegen bereits um 5^h, während die Sonne $4^h\ 18^m$ untergegangen ist, und nur bei besonders klarer Luft könnte man ihn einige Minuten vorher sehen. Am 29. Nov. ist er in unterer Konjunktion, kommt an den Morgenhimmel, kann aber erst einige Tage vor dem 18. Dezember aufgefunden werden. An diesem Tage findet die größte östliche Elongation statt. Merkur geht $18^h\ 13^m$, die Sonne erst 2 Stunden später auf. Bis gegen Jahresschluß bleibt Merkur im Skorpion zu sehen, den er rechtläufig durchwandert.

Venus erreicht am 27. Oktober ihre größte Helligkeit vor der unteren Konjunktion; das Fernrohr zeigt sie dann als schmale Sichel dem zunehmenden Monde gleich. Sie ist um diese Zeit für ein scharfes Auge bei Tage sichtbar links neben der Sonne. Abends leidet ihre Sichtbarkeit leider unter ihrem tiefen Stande. Sie durchwandert rechtläufig den Skorpion, geht am 1. Okt. um $6^h\ 42^m$, am 16. um $6^h\ 5^m$, am 31. um $5^h\ 27^m$ unter nur resp. 58, 56, 49 Minuten nach der Sonne. Am 21. Okt. steht Venus nur 45′ südlich von Antares. Bald nach Anfang November verschwindet sie in der Dämmerung; ihre Konjunktion mit Merkur am 14. November ist unsichtbar; am 29. Novbr. ist sie zur selben Stunde (18^h) wie Merkur in unterer Konjunktion mit der Sonne. Zu dieser Stunde stehen also die 3 innersten Planeten mit dem Zentralkörper des Systems nahezu in einer Geraden. Auch Venus wird dann Morgenstern; die Sichtbarkeit gestaltet sich günstiger wie am Abendhimmel. Schon am 9. Dezember wird man sie früh dicht bei β Scorpii erblicken. Sie kommt diesem Stern um 7 Uhr abends so nahe, daß der Stern hinter Venus verschwindet. Leider werden nicht wir, sondern die Bewohner der ost-

asiatischen Küstenländer und Amerika diesen seltenen Vorgang des Verschwindens eines Sternes hinter einer Planetenscheibe beobachten können, erstere in der Morgendämmerung, letztere am Tageshimmel. Für uns ist um 7 Uhr abends die rechts der Sonne stehende Venus mit dieser schon untergegangen. Gegen Ende des Jahres wird Venus wieder bei Tage sichtbar, da sie sich am 8. Januar 1907 von neuem im größten Glanze befindet.

Mars ist weiter rechtläufig im großen Löwen, mit dem er am 1. Okt. erst $15^{1}/_{2}$ Uhr aufgeht. Am 17. Oktober tritt er in die Jungfrau und verweilt in ihr bis zum Schlusse des Jahres. Sein Aufgang findet aber auch dann erst um 15 Uhr statt.

Jupiter geht einer neuen Opposition entgegen. Er erscheint links unter ε Geminorum gegen 10 Uhr am 1. Oktober im Nordosten und wandert noch ein wenig links, bis er am 29. Oktober in Stillstand kommt. Er wird dann rückläufig und geht am 1. November um 8 Uhr auf. Seine Rückwanderung führt ihn genau unter ε Geminorum, 2^{0} davon entfernt, am 6. Dezember. An diesem Tage geht er bereits $5^{1}/_{2}$ Uhr auf. Und am 28. Dezember, wo er mit der Sonne in Opposition steht, geht er im selben Augenblick im Nordosten auf, wo diese im Südwesten versinkt, nämlich um 3^{h} 54^{m}.

Saturn hingegen nähert sich rückläufig dem Ende seiner Opposition. Genau unter λ des Wassermanns wandert er weiter rückwärts. Er ist bei Dunkelwerden schon im Südosten zu finden, mitten auf der Linie, die von Markab nach Fomalhaut führt. Er bleibt Anfang Oktober bis $15^{3}/_{4}$, Anfang November bis 13^{h}, Anfang Dezember bis $11^{1}/_{4}$, Ende Dezember nur bis $9^{1}/_{2}$ Uhr sichtbar. Er rückt in diesem Vierteljahr mit den Sternen am Firmament für dieselbe Abendstunde stets weiter nach Westen und geht daher immer früher unter. Am 12. November ist er im zweiten Stillstand, die Opposition ist zu Ende, und der Planet wandert wieder nach links. In Konjunktion mit λ Aquarii, der 1^{0} $40'$ nördlich bleibt, ist er am 21. Dezember. Er wandert dann nach links weiter. Im Fernrohr zeigt sich der Ring, der bereits im nächsten Jahr verschwinden wird, schon recht schmal. Am weitesten erscheint die Öffnung am 30. Oktober. Vor- und nachher ist sie kleiner.

Uranus ist rechtläufig im Sternbild des Schützen zwischen den Sternen μ und λ. Er bleibt Anfang Oktober bis $9^{1}/_{4}$, Anfang November bis $7^{1}/_{2}$, Anfang Dezember bis $5^{3}/_{4}$ Uhr sichtbar. Als Sternchen 6. Größe und bei seiner südlichen Deklination wird er aber schwer aufzufinden sein. Über dem dunstigen Horizont von Berlin gelingt dies jedenfalls nicht.

Neptun befindet sich rückläufig in den Zwillingen, links vom Jupiter. Am 15. November ist sein genauer Ort 6^{h} 53^{m} 55^{s} $+21^{0}$ $58.3'$; nur ein Fernrohr zeigt den Planeten dort in der Helligkeit eines Sternes 8. Gr.

4. **Jupitermonde.** (Nur für Berlin sichtbare Erscheinungen.)

I. Trabant (Jo). Eintritte in den Schatten (im Fernrohre links des Planeten).

	d	h	m	s		d	h	m	s		d	h	m	s
Okt.	3	16	55	47	Nov.	4	13	26	27	Dez.	4	15	30	17
	5	11	24	6		6	7	54	50		6	9	58	52
	10	18	49	10		11	15	20	7		8	4	27	21
	12	13	17	30		13	9	48	31		11	17	24	29
	19	15	10	56		18	17	13	54		13	11	53	6
	21	9	39	21		20	11	42	19		15	6	21	37
	26	17	4	26		22	6	10	49		18	19	18	50
	28	11	32	52		25	19	7	47		20	13	47	29
	30	6	1	13		27	13	36	14		22	8	16	2
Nov.	2	18	58	0		29	8	4	46		27	15	42	1

Austritte aus dem Schatten (im Fernrohr rechts).
Dez. 29^d 12^h 23^m 23^s, 31^d 6^h 52^m 8^s.

II. Trabant (Europa). Eintritte

Okt.	7^d	12^h	59^m	26^s	Nov.	8^d	12^h	38^m	42^s	Dez.	3^d	9^h	41^m	32^s
	14	15	35	7		15	15	13	52		10	12	16	27
	21	18	10	38		22	17	48	57		17	14	51	19
Nov.	1	10	3	27		26	7	6	36		24	17	26	11

Austritt Dez. 28^d 9^h 28^m 0^s

III. Trabant (Ganymed)

	Eintritt				Austritt		
Okt.	31	10^h	1^m	8^s	12^h	42^m	32^s
Nov.	7	13	59	32	16	42	14
	6	5	55	22	8	43	8
	13	9	54	6	12	43	6
	20	13	53	2	16	43	16
	27	17	52	15	10	43	41

IV. Trabant (Kallisto). Dez. 5. Eintritt 6^h 23^m 33^s, Austritt 7^h 6^m 43^s.

5. **Saturntrabant Titan.** Da dieser hellste der 9 (oder 10) Trabanten Saturns mit denselben einfachen Hilfsmitteln sichtbar ist, wie die Jupitermonde, so möge nachstehend angegeben werden, wie der Titan im Fernrohr gegen Saturn steht:

Titan in unterer Konjunktion, im Fernrohr dicht über dem Planeten: Okt. 2^d 18^h, 18^d 16^h, Nov. 3^d 14^h, 19^d 12^h, Dez. 5^d 10^h, 21^d 8^h.

Titan in westlicher Elongation, im Fernrohr in der Verlängerung der großen Ringachse nach links rund 7 Ringdurchmesser entfernt. Okt. 6^d 19^h, 22^d 17^h, Nov. 7^d 15^h, 23^d 13^h, Dez. 9^d 11^h, 25^d 9^h.

Titan in oberer Konjunktion, im Fernrohr dicht unter dem Planeten: Okt. 10^d 17^h, 26^d 15^h, Nov. 11^d 13^h, 27^d 11^h, Dez. 13^d 9^h, 29^d 7^h.

Titan in östlicher Elongation, im Fernrohr in der Verlängerung der großen Ringachse nach rechts rund 7 Ringdurchmesser entfernt: Okt. 14^d 14^h, 30^d 13^h, Nov. 15^d 11^h, Dez. 1^d 9^h, 17^d 7^h.

6. **Meteore.** Es sind zu erwarten die Löwenmeteore um den 14. November und die Bieliden um den 25. November, sonst nur unbedeutende Schwärme.

7. **Sternbedeckungen durch den Mond** (berechnet für Berlin).

Tag	Name	Grösse	Eintritt	Austritt	Positionswinkel[1]) d.Eintritts	Positionswinkel[1]) d.Austritts	Alter des Mondes[2])
Okt. 4	ξ^2 Ceti	4.0	$6^h 25.0^m$	$7^h 19.0$[3]) m	59°	262°	17
4	μ Ceti	4.0	16 51.3	18 2.5	78	244	17
25	ι Capricorni	4.3	8 52.1	8 32.5	14	309	8
Nov 5	ν Geminorum	4.6	12 35.2	13 53.0	76	270	20

[1]) Gezählt vom nördlichsten Punkte des Mondes entgegen der Uhrzeigerdrehung.

[2]) Vor dem Vollmond (Alter des Mondes < 15) erfolgen die Eintritte am dunkeln, die Austritte am hellen Rande, später die Eintritte am hellen, die Austritte am dunkeln Rande.

Tag	Name	Größe	Eintritt	Austritt	Positionswinkel [1] d. Eintritts	d. Austritts	Alter des Mondes [2]
Nov. 19	o Sagittarii	4.0	6 41.5	7 37.9[4])	110	237	4
Dez. 2	χ³ Orionis	5.5	6 30.9	7 15.0	119	222	17
3	ζ Geminorum	3.2	11 43.8	12 32.5	35	319	18
19	γ Capricorni	3.6	6 1.3	6 44.6	120	199	4
25	μ Ceti	4.0	12 12.1	13 18.7	56	267	10
28	m Tauri	5.4	10 56.2	12 19.0	72	265	13
29	χ⁴ Orionis	5.0	14 47.4	15 55.8	74	286	14

8. Konjunktionen der 5 alten Planeten mit dem Monde.

Merkur	Okt. 18d	12h	Nov. 17d	7h	Dez. 13d	20h
Venus	20	8	17	4	13	19
Mars	15	8	12	20	11	11
Jupiter	9	17	6	1	3	4 u. 30d 3h
Saturn	26	23	23	5	20	14

Die Konjunktionen mit Saturn sind so nahe, daß für südlichere Gegenden der Planet vom Monde bedeckt wird.

9. Mond a) Phasen. Vollmond Okt. 2d 2h und weiter

Letztes Viertel	Okt. 10d 5h	Nov. 8d 23h	Dez. 8d 15h
Neumond	17 12	15 22	15 8
Erstes Viertel	24 8	22 14	22 4
Vollmond	31 18	30 12	30 8

b) Apsiden

Erdnähe	Okt. 7d 9h	Nov. 4d 1h	Dez. 1d 7h und 28d 7h
Erdferne	19 7	16 15	15 8

c) Auf- und Untergänge für Berlin

Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang
Okt. 1	5h 51m	17h 34m	Nov. 1	5h 20m	19h 52m	Dez. 1	4h 45m	20h 50m
4	6 54	20 58	4	6 45	22 56	4	6 59	23 14
7	8 12	—	7	9 6	0 33	7	10 8	0 17
10	10 21	1 51	10	12 25	2 13	10	13 49	1 27
13	13 34	3 44	13	16 16	3 25	13	17 56	2 41
16	17 26	5 1	16	20 30	4 47	16	21 41	4 52
19	21 36	6 19	19	23 56	7 13	19	23 45	8 28
22	0 8	8 27	22	1 14	10 48	22	0 33	12 10
25	2 38	11 47	25	2 26	14 22	25	1 32	15 34
28	3 58	15 22	28	3 26	17 43	28	2 47	18 44
31	4 58	18 48				31	4 53	21 16

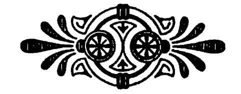
[1]) unsichtbar, weil Mond erst 6h 54m aufgeht.
[2]) unsichtbar, weil Mond bereits 7h 13m untergegangen ist.

10. **Sonne.**

Sonntag		Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag			Zeitgleichung mittl. — wahre Z.		Deklination		Aufgang für Berlin		Untergang für Berlin	
Okt.	7	13 h	0 m	44.45 s	—11 m	55.38 s	—5°	14'.4	6 h	17 m	5 h	30 m
	14	13	28	20.31	18	46.13	7	58.7		30		14
	21	13	55	56.19	15	10.49	10	27.6		42	4	59
	28	14	23	32.06	16	3.73	12	54.0		55		44
Nov.	4	14	51	7.94	16	20.95	15	10.4	7	8		31
	11	15	18	43.82	15	57.82	17	14.7		21		18
	18	15	46	19.71	14	52.56	19	4.5		34		8
	25	16	13	55.60	13	7.15	20	37.6		46		0
Dez.	2	16	41	31.50	10	45.33	21	52.0		57	3	54
	9	17	9	7.40	7	52.30	22	45.8	8	6		50
	16	17	36	43.30	4	36.04	23	17.7		13		50
	23	18	4	19.21	— 1	8.04	23	26.9		18		52
	30	18	31	55.11	+ 2	19.42	23	13.0		20		57

Die Rektaszension der Sonne erhält man durch Addition der Sternzeit und der Zeitgleichung. Die Mittagshöhe der Sonne erhält man durch Abziehen der südlichen Deklination vom Komplement der Polhöhe, also für Berlin von 37° 29'.7.

Die Sonne tritt am 22. Dezember 7 h in das Himmelszeichen des Steinbocks, und beginnt damit der Winter.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Urtierchen als Parasiten und Krankheitserreger.

Von **Dr. C. Thesing** in Berlin.

Es gibt heutzutage unter den Gebildeten wohl niemand mehr, der nicht die hohe Bedeutung der Bakterien und der bakteriologischen Wissenschaft für den Menschen rückhaltlos anerkennt. Bringen sich doch diese winzigsten aller Lebenskeime täglich und stündlich in nur allzu deutliche Erinnerung. Raffen doch Typhus und Diphtheritis, Pest und Cholera und wie alle die anderen von Bakterien verursachten Infektionskrankheiten heißen mögen, vor allem aber die furchtbare Tuberkulose jedes Jahr zahllose Tausende blühender Menschenleben hinweg. Aber nicht nur durch die Bedrohung des Menschen selbst, sondern auch durch die Vernichtung seiner Herden etc. gewinnen die Bakterien für uns eine unheilvolle Bedeutung. Andrerseits verdanken wir diesen kleinen Unholden aber auch viel, und der Landwirt möchte die Hilfe der Bakterien bei der Bebauung seiner Felder wohl nicht gern entbehren; sind sie es doch, die erst durch ihre Tätigkeit den Stickstoffgehalt des Bodens in eine für die höheren Pflanzen verwendbare Form überführen. Dieser großen Bedeutung entsprechend sind denn auch wenigstens die Grundzüge der bakteriologischen Wissenschaft und die wichtigsten und häufigsten Bakterienarten allgemein bekannt.

Ganz anders steht es mit den Urtierchen. Obgleich dieselben die wissenschaftliche Forschung der letzten Jahre fast noch mehr beschäftigt haben, sind die Resultate dieser Arbeiten kaum in ein weiteres Publikum gedrungen. Die meisten ahnen von dem großen Einflusse dieser niedersten „tierischen" Lebewesen auf das menschliche Leben kaum etwas. Ja, man kann sagen, daß mit Namen wie „Malaria", „Schlafkrankheit" etc. und den sporadischen und zum großen Teil ungenauen Nachrichten, die hin und wieder in der Tagespresse auftauchen, die Wissenschaft der Mehrzahl fast erschöpft ist.

Diese Mißachtung der Urtierchen ist dabei wahrlich nicht berechtigt. Denn schon heute, obgleich dieser Zweig der medizinisch-zoologischen

Forschung sehr viel jünger ist als die Bakteriologie, machen die Protozoen den Bakterien als Krankheitserreger eine traurige, aber erfolgreiche Konkurrenz, und von Jahr zu Jahr steigt die Zahl der Leiden, als deren Verursacher Urtierchen vermutet oder mit Sicherheit erkannt wurden. Es sei hier nur kurz an die Forschungsresultate des letzten Jahres erinnert, die freilich noch nicht zu einem gesicherten Ergebnisse geführt haben — der Kampf der Meinungen tobt noch immer weiter —, die es aber wenigstens wahrscheinlich gemacht haben, daß der Krebs, die sogenannten akuten Exantheme, wie Masern und Scharlach, die Maul- und Klauenseuche, Pocken, und endlich auch die Syphilis auf die furchtbare, heimliche Vernichtungsarbeit von Protozoen zurückgeführt werden müssen. Alles dieses läßt es wohl mehr als berechtigt erscheinen, wenn wir uns hier etwas ausführlicher mit diesen gefährlichsten und verheerendsten aller „Raubtiere" beschäftigen. Ausführlicher, aber keineswegs erschöpfend, denn dazu würde ein dickleibiger Foliant, nicht eine kurze Abhandlung erforderlich sein. Die Literatur, die jetzt jedes Jahr über die pathogenen Protozoen erscheint, umfaßt allein schon Bände. So müssen wir uns hier darauf beschränken, unter Verzicht auf Vollständigkeit und Abgeschlossenheit, nur die wichtigsten Krankheitserreger und die verbreitetsten Parasiten kurz zu charakterisieren. Ein kurzer Literaturnachweis am Schluß der Arbeit mag demjenigen, der sich tiefer in das Studium der pathogenen Urtierchen vertiefen will, die nötigen Wege dazu weisen.

Da ich wohl kaum voraussetzen darf, daß allen Lesern der Bau und die feinere Organisation der Protozoen hinlänglich vertraut ist, und da diese Kenntnis zum besseren Verständnis unbedingt erforderlich scheint, so sei mir gestattet, in aller Kürze an dem Beispiel eines normalen, nicht parasitischen Protozoons hier darauf einzugehen.

Was das Vorkommen der Urtierchen in der freien Natur anbelangt, so finden wir sie in weiter Verbreitung als Bewohner des süßen Wassers und der Meere und endlich auch der feuchten Erde. Immer aber sehen wir sie auf nasse oder wenigstens feuchte Medien angewiesen. Die Formen, in denen sie uns hier entgegentreten, sind so mannigfaltig, so verschiedenartig, daß eine einheitliche Charakterisierung unmöglich erscheint. Man denke nur an Arten wie die Amöben oder Wechseltierchen und die Foraminiferen einerseits, auf der anderen Seite an die zierlichen Gitterkugeln des Meeres, die Radiolarien, oder an die formenschönen Sonnentierchen und endlich an die artenreiche Klasse der Wimper- und Geißelinfusorien. Etwas aber ist all diesen zahlreichen Tieren trotz ihrer ungeheuren Verschiedenartigkeit im Aussehen gemeinsam; dieses Etwas ist, daß sie alle, mögen sie noch so kompliziert organisiert erscheinen, nichts anderes sind als einfache, selbständig lebende Zellen,

Zellen, wie sie auch den Körper jedes höheren und höchsten, vielzelligen Lebewesens, mag es sich Pflanze oder Tier nennen, zusammensetzen.

Eins der primitivsten Urtierchen, das seinen Wert als einfache Zelle ohne weiteres erkennen läßt, ist die große, in unseren stehenden Tümpeln lebende Amoeba proteus. Betrachtet man ein solches Tierchen bei mäßiger Lupenvergrößerung, so erscheint es als ein winziges, helles Schleimklümpchen von unregelmäßiger Gestalt. Ständig wechselt sein Aussehen. Fortsätze, sogenannte Scheinfüßchen oder Pseudopodien, werden ausgestreckt und wieder eingezogen. Bald hat das Tierchen das Aussehen einer Kugel, bald streckt es sich ganz in die Länge, und im nächsten Augenblick entsendet es wieder nach allen Himmelsrichtungen schleimige Ausläufer. (Fig. 1.)

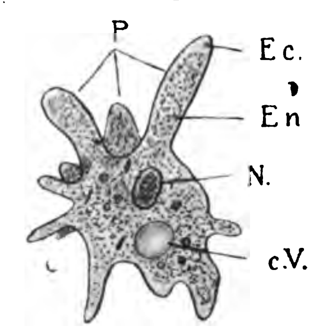


Fig. 1. Amoeba proteus.
Ec. Ektoplasma (körnchenfrei).
En. Entoplasma.
N. Kern.
c. V. contractile Vacuole.
P. Pseudopodien.

Bei stärkerer Vergrößerung betrachtet, erkennt man, daß der Körper der Amöbe von einer zähflüssigen, hellen und gleichartigen Grundsubstanz, dem Zellsaft oder Protoplasma gebildet wird, in dem zahlreiche, stark lichtbrechende Körnchen, die Granula, eingebettet liegen. Nur eine dünne Randpartie, die sich zu äußerst um das ganze Tier erstreckt und als Ektoplasma bezeichnet wird, ist völlig körnchenfrei. Dieses Ekto- und Entoplasma muß bei der Amöbe alle zum Leben notwendigen Funktionen verrichten, welche bei einem höheren Tiere auf all die zahlreichen, aus Tausenden von Zellen bestehenden Gewebe und Organe verteilt erscheinen. Während das hyaline Ektoplasma in der Hauptsache der Fortbewegung dient, indem es Scheinfüßchen, Pseudopodien, ausstreckt und wieder einzieht, spielen sich in dem körnchenreichen Entoplasma die Vorgänge der Verdauung und Exkretion etc. ab. Hier in dem Innenplasma finden wir noch ein wichtiges Organ, das erst den Begriff „Zelle" vervollständigt. Ich meine den Zellkern oder, fachmännisch bezeichnet, den Nukleus.

Als ein kleines, helles, kugeliges Bläschen erscheint der Kern in dem ihn allseitig umgebenden Protoplasma. Man sieht ihm seine Wichtigkeit für die Existenz der ganzen Zelle nicht an, und trotzdem ist er es, der erst einen normalen Ablauf der gesamten Lebensfunktionen der übrigen Zellorganula bedingt. Zellen, denen man künstlich den Zellkern geraubt hat, gehen unfehlbar zugrunde. Zwar behalten sie noch eine Zeitlang ihr gewöhnliches Aussehen und nehmen wohl auch noch wie in gesunden Tagen Nahrungskörper auf, aber diese können nicht mehr

verdaut werden und bleiben ungenutzt im Protoplasma liegen. Bald machen sich dann auch deutliche Verfallerscheinungen bemerkbar, und das Tier geht zugrunde. Der Zellkern seinerseits vermag sich dagegen, sofern ihm auch nur eine Spur von Protoplasma verblieben ist, wieder zu einer vollständigen Zelle zu erneuern. Die wichtigste Rolle spielt der Kern aber bei der Fortpflanzung. Hierbei ist er es, der die gesamten Vorgänge reguliert und leitet, während dem Plasma nur eine nebensächliche Bedeutung zukommt.

Wir sehen also, daß unsere Amöbe eine vollständig normale Zelle ist, ausgerüstet mit Protoplasma und Zellkern, und das gleiche gilt auch von den übrigen Vertretern der Urtierchen. Ich glaube, diese wenigen Bemerkungen werden bereits hinreichen, um uns auch den Bau und die Lebenserscheinungen der weiterhin zu besprechenden Formen verständlich zu machen. Wir wenden uns daher jetzt den pathogenen Protozoen zu.

Es gibt kaum eine Klasse von Urtierchen, bei der nicht einige parasitische Arten gefunden wurden. Ganz zu fehlen scheinen sie der Gruppe der Heliozoen, Foraminiferen und Radiolarien, während man von der artenreichen Ordnung der Sporozoen überhaupt nur parasitische und keine einzige freilebende Art kennt. Der Grund, warum man unter den Protozoen so zahlreiche parasitische Arten antrifft, liegt wahrscheinlich, ähnlich wie bei den Würmern, an dem verhältnismäßig sehr geringen Sauerstoffbedürfnis vieler Formen.

Je nach der Art ihres Vorkommens in oder auf dem Körper ihres Wirtstieres unterscheidet man zweckmäßig Außen- und Innenparasiten (Ekto- und Entoparasiten). Bei den letzteren kann man wieder, je nach dem Orte, den sie sich im Körper des Wirtsorganismus zum Wohnsitze erkoren haben, drei Gruppen auseinanderhalten, die freilich bisweilen durch mannigfache Übergänge miteinander verbunden sein können. Es sind dieses erstens Zellparasiten, d. h. Urtierchen, die gewöhnlich in dem Innern von Zellen gefunden werden. Ja, manche sind in ihrem Aufenthaltsorte sogar noch mehr spezialisiert, sie halten sich normalerweise regelmäßig in dem Kerne der Wirtszelle auf. Die zweite Art der Entoparasiten sind die Gewebsschmarotzer, die sich die verschiedenen Gewebe, wie Muskeln, Nervensystem, Haut etc., für ihre zerstörende Tätigkeit ausersehen haben. Die letzte Gruppe endlich sind die Organparasiten, die Bewohner der verschiedenen Hohlräume des Wirtes, des Darmkanals, des Lumens, der Geschlechtsorgane, der Blutgefäße, Lungen usw.

Während manche Arten sehr einseitig an ihren Aufenthaltsort angepaßt erscheinen und stets in ihrem Vorkommen auf ein bestimmtes Organ, Gewebe, oder gar Zelle beschränkt sind, gibt es, wie schon angedeutet, andere, die den Körper ihres Wirtes als ihre Welt betrachten,

die richtigen Kosmopoliten darstellen. Auch das Wirtstier selbst ist für die einzelnen parasitischen Urtierchen durchaus nicht immer streng spezialisiert. Neben Formen, welche, wie z. B. der Erreger der menschlichen Malaria, unerbittlich an die Mückengattung Anopheles und den Menschen, oder wie der Verursacher der Schildkröten-Malaria an den Rüsselegel, Placobdella catenigera, und die Schildkröte gefesselt sind, treten andere, die in der Auswahl ihres Wirtes weniger pedantisch zu Werke gehen und schon bei den verschiedensten Tierarten schmarotzend nachgewiesen wurden.

Überraschend ist die enorme Anpassungsfähigkeit solch zarter Organismen an ganz ungewöhnliche und für die meisten Tiere vollständig unerträgliche Daseinsbedingungen. Leben doch zahlreiche parasitische Protozoen unmittelbar in den verdauenden Säften des Darmkanals, der für alles Organische sonst tödlich ist. Man hat schon häufig die Frage aufgeworfen, wie es möglich sei, daß die Darmparasiten nicht auch der Verdauung verfielen, wie alle übrige, in den Darm gelangende organische Substanz. Doch ist dieses ja im Grunde genommen nicht wunderbarer, als daß der Darm von den von ihm produzierten Säften nicht selbst zerstört wird. In der Tat kommt ja bisweilen bei krankhaften Störungen Selbstverdauung des Magens und Darmkanales vor. Und wenn man nach dem Tode eine menschliche Leiche öffnet, so ist es namentlich bei hoher Temperatur gar kein seltener Anblick, die Darmwand auf kleinere oder größere Strecken angedaut zu finden. Früher glaubte man auf Grund dieser Beobachtung den Schluß machen zu dürfen, daß eine in jedem lebenden Organismus wirksame besondere „Lebenskraft — Vis vitalis“ das schützende Moment bildete. Mit ihrem Erlöschen beim Tode wäre dann erst die Möglichkeit zur Verdauung gegeben. Diese Ansicht erfreute sich, da man anders für diese Erscheinung keine Erklärung wußte, selbst in Fachkreisen lange Zeit der Zustimmung. Als dann aber durch zahlreiche Experimente, zuerst von Pavy, der das Ohr eines lebenden Kaninchens in die Magenfistel eines Hundes einführte, nachgewiesen wurde, daß auch Teile eines noch lebenden Tieres von dem Magensaft angefressen werden, mußte die bequeme Annahme von der Wirksamkeit einer geheimnisvollen Lebenskraft aufgegeben werden. Jetzt ist man allgemein zu der Überzeugung gelangt, daß die Unangreifbarkeit der unversehrten Darmschleimhaut, ebenso wie die Widerstandsfähigkeit der parasitischen Urtierchen darauf beruht, daß diese einen besonderen Stoff, ein Gegengift, ausscheiden, welcher die Verdauungssäfte absättigt und sie so unschädlich und unwirksam macht.

Große Schwankungen in ihren Lebensbedingungen, schroffe Über-

gänge und Temperaturänderungen haben besonders auch die parasitischen Urtierchen zu erdulden, welche im Laufe ihrer Entwickelung einen Wechsel ihres Wirtstieres durchmachen. Man denke nur an Arten wie den Malariaparasiten, der aus der hohen Wärme des menschlichen Blutstromes unvermittelt und ungeschützt in den Darm der Mücke gelangt. Doch auch die anderen Parasiten, die normalerweise ihr Wirtstier nicht wechseln, müssen wenigstens, wenn anders sich die Art überhaupt soll erhalten können, die Fähigkeit besitzen, beim Tode ihres Wirtes selbst ein anderes Tier aufsuchen oder doch wenigstens ihre Nachkommenschaft auf ein solches übertragen zu können. Eines der verbreitetsten Mittel hierzu ist, daß sehr viele Protozoen, freilebende wie parasitische, beim Hereinbrechen ungünstiger Lebensbedingungen die Möglichkeit haben, Dauerzustände zu bilden, in denen sie, ein latentes Leben führend, allen Unbilden der Außenwelt standzuhalten vermögen. Die Tiere runden sich dazu ab, bilden alle etwa vorhandenen Organula, wie Scheinfüßchen, Wimpern, Geißeln, Mundöffnung etc., zurück, ziehen sich auf das kleinstmögliche Maß zusammen und umgeben sich mit einer festen, undurchlässigen Hüllmembran. So vermögen sie lange Zeit im Wasser wie in trockener Luft auszuharren, bis ein glücklicher Zufall sie wieder in das Innere eines geeigneten Wirtstieres hineinführt.


Fig. 2. Amoeba coli.

Andere schmarotzende Urtierchen haben es bequemer, indem sie direkt durch Berührung, z. B. beim Geschlechtsakt, von einem Wirte auf den andern hinübergelangen oder aber durch die Vermittelung blutsaugender Insekten und Würmer übertragen werden. Wir werden auf diese verschiedenen Verhältnisse, namentlich auch auf die Bildung von Dauerformen, die häufig in enger Beziehung zu der Fortpflanzung steht, bei Besprechung der einzelnen parasitischen Formen noch näher einzugehen haben. Da wir uns natürlich nur mit einer sehr beschränkten Anzahl von parasitischen Protozoenarten im folgenden vertraut machen können, so werden wir bei der Auswahl neben besonders interessanten und charakteristischen Formen vor allem solche heranziehen, welche für den Menschen von Bedeutung sind.

Gleich unter den Amöben finden wir eine Art, die sogenannte Amoeba coli, als häufigen Bewohner des menschlichen Darmkanals (Fig. 2). In ihrem Aussehen gleicht sie im großen und ganzen ihren freilebenden Verwandten. Da die Amöben überhaupt noch keine sehr erheblichen Differenzierungen ihres Körperplasmas in einzelne Organula besitzen, so sind natürlich auch die durch die parasitische Lebensweise bedingten Rückbildungen nicht sehr erheblich.

Die Größe der Amoeba coli schwankt zwischen 10 und 50 μ oder in Millimetern ausgedrückt zwischen 0,01 bis 0,05 mm. Man kann an dem Tierchen ein helles, durchscheinendes Außenplasma von einem grobwabigen Innenplasma, welches den Kern umschließt, unterscheiden. In dem letzteren finden sich regelmäßig zahlreiche kleinere und größere Körnchen, Stoffwechselprodukte und als Nahrung aufgenommene Bakterien und Blutkörperchen. Die Fortbewegung der Darmamöbe geschieht durch Vorwölbung von Pseudopodien, die aber im Gegensatz zu der oben besprochenen Amoeba proteus eine plumpe, lappige Gestalt besitzen. Was diese Tiere sofort als Urtierchen kennzeichnet und eine Verwechslung mit den sonst so ähnlichen weißen Blutkörperchen ausschließt, ist das Vorhandensein von mehreren Vakuolen im Entoplasma, von denen eine, die sogenannte kontraktile Vakuole, rhythmisch pulsiert. Die Vermehrung unserer Amöbe geschieht durch einfache Teilung. Daneben scheint aber noch eine Art Zerfallsteilung (Schizogonie) aufzutreten. Diese wird damit eingeleitet, daß das Tierchen sich abrundet und mit einer festen Cystenhülle umgibt. Dann teilt sich der Kern mehrfach hintereinander auf direktem Wege. Das Resultat sind acht kleine Kerne, die sich in dem Plasmaleibe zerstreuen. Um jedes dieser Kernteilstücke sondert sich jetzt eine geringe Menge Protoplasma ab. Die so entstandenen acht jungen Amöben verlassen dann späterhin die Cystenhülle und wachsen zu ausgebildeten Tieren heran. Von einigen Forschern wird noch das Auftreten eines mit einer Geißel versehenen Flagellatenstadiums beschrieben, doch erscheinen diese Angaben bisher sehr wenig gesichert.

Über die Bedeutung der Amoeba coli für den Menschen herrscht noch ein großer Zwiespalt der Meinungen. Viele erblicken in ihr den Erreger verschiedener dysenterieartiger Erkrankungen, so z. B. der ägyptischen und ostasiatischen Ruhr, während andere in der Amöbe nur einen harmlosen Kommensalen des menschlichen Darmes sehen, der sich hier friedlich von den Abfällen der Stoffwechselprodukte nährt, ohne schädliche Wirkungen zu zeitigen. Diese widersprechenden Ansichten finden wohl darin ihre Erklärung, daß im Darmkanale des Menschen zwei oder sogar mehrere Arten von Amöben vorkommen, von denen die einen harmlos und unschädlich sind, während die anderen namentlich bei starker Vermehrung heftige ruhrartige Erkrankungen erzeugen. Auch die von zahlreichen Autoren angestellten Tierexperimente scheinen sehr zugunsten dieser Annahme zu sprechen. Eine exakte Entscheidung, ob den Amöben eine pathogene Wirkung zugeschrieben werden muß oder nicht, wird jedoch erst dann möglich sein, wenn es gelungen ist, künstliche Reinkulturen von ihnen anzulegen. Alle Versuche aber, welche

bisher in dieser Richtung bei parasitischen Protozoen unternommen wurden, hatten ein negatives Ergebnis. Während die meisten Bakterien auf künstlichen Nährböden, wie Nährbouillon, Kartoffel, Blutagar etc., leicht gedeihen, scheint dieses Verfahren bei den Urtierchen nicht anwendbar. Erst dann wird man wahrscheinlich mit einiger Aussicht auf Erfolg auch an ihre künstliche Züchtung schreiten können, wenn es gelungen ist, einen entsprechenden Nährorganismus (Bakterien) zu kultivieren, der für sie als Nährboden dienen könnte.

Eine andere Amöbengattung wurde von dem leider so früh verstorbenen ausgezeichneten Protozoenforscher Fritz Schaudinn und Geheimrat von Leyden bei Krebskranken nachgewiesen. Es ist dieses die seinerzeit in Fachkreisen vielbesprochene Leydenia gemmipara, die viele Forscher als den vermutlichen Erreger des Krebses anzusprechen geneigt waren. Heutzutage ist man von dieser Anschauung gänzlich zurückgekommen, ja, L. Pfeiffer und andere halten die Leydenia überhaupt nicht für einen selbständigen Organismus, sondern für eine dem menschlichen Organismus angehörige Wanderzelle. Sonst haben die Amöben als Parasiten keinen Anspruch auf besondere Beachtung, und wir können daher jetzt unsere Aufmerksamkeit dem großen Stamme der Wimper- und Geißelinfusorien zuwenden.

Namentlich unter den freilebenden Wimperinfusorien, Ciliaten, haben wir Tiere vor uns, welche sich durch eine weitgehende Differenzierung ihres Körpers und durch eine geradeswegs überraschend hohe Organisationsstufe auszeichnen. Immer von neuem ist der Forscher erstaunt, welcher Reichtum an Formen, welche Vielgestaltigkeit hier von der einzelnen Zelle erreicht wurde. Man findet bei den ciliaten Infusorien eine so weit durchgeführte Arbeitsteilung, wie man sie eigentlich nur bei einem höheren, vielzelligen Organismus anzutreffen erwarten sollte. Ja, viele Wimperinfusorien, ich erinnere nur an das bekannte Trompetentierchen Stentor, an die zierlichen Glockentierchen Vorticella und Epistylis, an das sogenannte Muscheltierchen Stylonychia und noch manche andere, machen einen so hochorganisierten Eindruck, daß sich kein unbefangener Beobachter wundern wird, wenn der eigentliche Vater der wissenschaftlichen Protozoenkunde, der alte Ehrenberg, diesen Tieren den Besitz von echten Organen, von Darm, Nervensystem, Geschlechtsdrüsen, Muskulatur, Nieren etc., zuschrieb, wie sie auch den höchsten Tieren zukommen. Es dauerte lange Zeit, bis die Ansichten von Dujardin und von Siebold, die in den Urtierchen einfache Zellen erkannten, sich allgemeine Anerkennung verschaffen konnten.

Infolge dieser hohen Organisationsstufe wird man auch erwarten dürfen, daß die Rückbildungen, welche gerade die Wimperinfusorien

durch die parasitische Lebensweise erleiden, sehr weitgehende und tiefgreifende sind.

Um sich diese Verhältnisse besser veranschaulichen zu können, wollen wir zum Vergleich erst ein normales, freilebendes „Infusionstierchen" betrachten. Wir wählen dazu **Paramaecium caudatum** (Fig. 3), ein zierliches Tierchen, das in fauligem Wasser zu den gemeinsten und verbreitetsten Arten gehört und fast in jeder geeigneten Infusorienkultur in großer Menge auftritt.

Die **Paramaecien** erreichen eine Länge von ungefähr 0,2 bis 0,3 mm; man kann sie also gerade noch mit unbewaffnetem Auge als winzige, weißliche Pünktchen erkennen. Die Gestalt ist länglich, spindelförmig und besitzt eine leichte dorso-ventrale Abplattung. Man kann an dem Körper des Tierchens ein Vorder- und Hinterende unterscheiden. Während das erstere flach abgerundet ist, läuft das hintere Körperende mehr oder weniger spitz zu. Die ganze Körperoberfläche der Paramaecien ist von einer ungeheueren Zahl feiner, in Längsreihen angeordneter, Wimpern bedeckt, welche im Leben ständig schlagende Bewegungen ausführen und zur Fortbewegung der Tiere im Wasser dienen. Man kann die Bewegung der Wimpern am besten mit dem gleichmäßigen Wogen eines Kornfeldes vergleichen, über das leise der Wind streicht. Die Bewimperung des

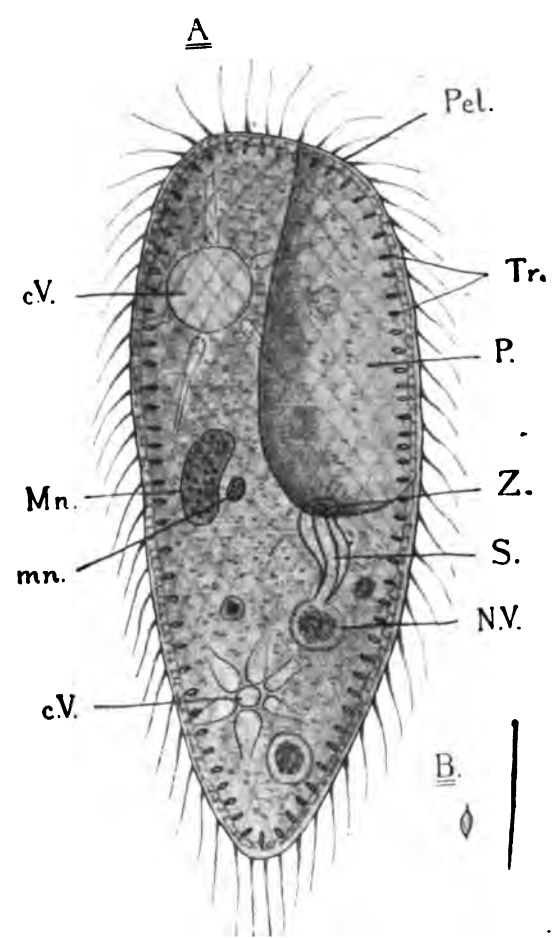


Fig. 3. A. Paramaecium caudatum.
Schematisiert nach Lang (verändert).
Mn. Makronukleus. mn. Mikronukleus. c. V. kontraktile Vakuole. N. V. Nahrungsvakuole. P. Peristomfeld. Z. Zellmund. S. Schlundöffnung. Tr. Trichocysten. Pel. Pellicula.

Körpers ist bei den Paramaecien keine ganz gleichmäßige, vielmehr befindet sich am vorderen Körperende eine flache Einsenkung, das sogenannte Peristomfeld, auf welchem einige stärkere Wimpern von etwas abweichender Gestalt zu finden sind. Jedoch ist es bei ihnen bei weitem nicht zu einer so weitgehenden Differenzierung der Bewimperung gekommen, wie man solche bei den übrigen Ordnungen der ciliaten Infusorien antrifft, bei denen die Wimpern zu den allerverschiedensten Funktionen, zum Schwimmen, Kriechen, Springen, zur Nahrungsaufnahme und so fort herangezogen und ihrer Arbeitsleistung entsprechend umgebildet werden. Im großen und ganzen ist vielmehr die Bewimperung der Paramaecien eine gleichmäßige, und man rechnet sie daher zu den „holotrichen" Infusorien. Wohl am merkwürdigsten ist die Umwandlung der Wimpern bei dem schon oben erwähnten Muscheltierchen. Hier haben einige Wimpern der „Bauchseite", d. h. der Seite, welche beim Umherkriechen der Unterlage zugewandt ist und auf der sich auch die Mundöffnung befindet, die Gestalt von kräftigen, geraden Griffeln und hakenförmig gekrümmten Cirren angenommen. Diese einfachen „Beine" werden von den Stylonychien in sehr geschickter Weise benutzt, um mit ziemlicher Gewandtheit und Schnelligkeit auf dem Boden auf der Jagd nach Nahrung umherzukriechen. Wenden wir uns wieder unserem Paramaecium zu. Am Grunde des Peristomfeldes bemerkt man eine kleine rundliche Öffnung, den „Mund" der Zelle. Zu diesem wird die Nahrung, die vorzugsweise aus Bakterien besteht, mit Hilfe der Wimperbewegung herabgestrudelt und gelangt von hier aus in den „Schlund" des Tieres, ein kleines S-förmig gekrümmtes Kanälchen, durch welches es dann in das Körperplasma selbst geleitet wird. Die im Innern des Zelleibes verdaute Nahrung wird später durch eine besondere Afteröffnung nach außen befördert. Als Exkretionsorgane funktionieren sehr kompliziert gebaute „kontraktile Vakuolen", die aus einer Innenblase und einem von ihr aus in das Plasma strahlenförmig verlaufenden Kanalsystem bestehen. Die verbrauchte Flüssigkeit sammelt sich in der Binnenblase an, wodurch diese immer stärker anschwillt und zuletzt eine recht ansehnliche Größe erreicht. Plötzlich fällt die Zentralblase zusammen, indem sie ihren Inhalt durch einen kleinen Porus nach außen abgibt, und aus den Kanälen geht eine neue Vakuole hervor. Dieser Vorgang wiederholt sich in regelmäßigen Intervallen.

Sehr kompliziert ist auch die übrige Differenzierung des Protoplasmakörpers, auf die wir hier jedoch nur in aller Kürze hinweisen können. Man unterscheidet ein Außenplasma von einem Innenplasma. Ersteres sondert sich wieder in eine festere Hüllschicht oder Pellicula, unter der man deutlich eine dünne Schicht von waben-

artigem Bau erkennen kann. Dann folgt endlich nach innen zu das sogenannte Corticalplasma. Es ist dieses ein dünner, hyaliner Mantel, welcher sich ziemlich scharf von dem Innenplasma abgrenzt und auch schon dadurch von letzterem unterschieden werden kann, daß niemals Nahrungspartikel in ihn hinübertreten. Besonders gekennzeichnet aber ist die Corticalschicht als Sitz der sogenannten Trichocysten, kleiner Verteidigungsorgane, die man wohl am ehesten mit den Nesselkapseln der Hohltiere, Cölenteraten (Korallentiere, Quallen etc.), vergleichen kann. Die Trichocysten stellen kleine, spindelförmige Gebilde dar, in deren Innern ein Faden aufgerollt liegt, welcher bei Berührung oder auch bei anderen Reizen mechanischer oder chemischer Natur herausgeschleudert wird, sich eventuell in den Körper des Angreifers oder der Beute bohrt und hier wahrscheinlich wie die Nesselkapseln Lähmungserscheinungen und brennenden Schmerz hervorruft.

Die vorher erwähnte Alveolarschicht ist zum Teil zu kontraktilen Fibrillen, einer primitiven Muskulatur, umgebildet, welche der Länge nach den Körper des Tieres umziehen und ihm so eine große Beweglichkeit verleihen. Erwähnt muß endlich auch noch der Kernapparat der Ciliaten werden. Wir finden nämlich bei der ganzen Klasse zwei verschiedene Kernarten, den sogenannten Hauptkern oder Makronucleus, welcher sich durch eine meist recht erhebliche Größe auszeichnet, und den Mikronucleus oder Nebenkern. Während der Hauptkern allen vegetativen Vorgängen des Zellebens, wie Verdauung, Atmung, Bewegung etc., vorsteht und sie reguliert, tritt der Nebenkern zur Zeit der Fortpflanzung in Tätigkeit. Ja, die Veränderungen, welche er namentlich bei der Konjugation erleidet, sind so auffallende, daß man den Nebenkern auch wohl direkt als Geschlechtskern bezeichnet hat. Bei der Fortpflanzung geht der Hauptkern zugrunde, und aus dem sich teilenden Nebenkern entsteht ein neuer Makronucleus.

Schon aus diesen wenigen Angaben, mehr aber noch aus den beigegebenen Abbildungen erkennt man deutlich, was für ein hochorganisiertes Tier ein solches Wimperinfusor in Wahrheit ist und wie falsch eigentlich die Bezeichnung Urtierchen ist. Denn ursprüngliche Organismen haben wir in den Einzellern ebensowenig vor uns, als in den Säugetieren oder den Insekten. Diese wie jene tragen unverkennbar das Zeichen an sich, daß ihre Art eine lange historische Entwickelung durchgemacht haben müsse.

Sehen wir uns nach dieser kleinen Abschweifung eine ebenfalls zu der Ordnung der „holotrichen Wimperinfusorien" gehörige, aber parasitisch lebende Form an. Ich meine die farbenschöne Opalina ranarum. Den Namen Opalina verdankt das Tierchen dem herrlichen Farbenspiele

seines Körpers, das erfolgreich mit dem Schimmern eines Opals in Wettbewerb treten kann. Es ist ein ästhetischer Genuß, die Tiere unter geschickten Bewegungen und Verbiegungen ihres geschmeidigen Körpers unter der Lupe oder bei schwacher Mikroskop-Vergrößerung umherschwimmen zu sehen. Denn da die Opalinen Riesen unter ihrem Geschlechte darstellen — erreichen sie doch eine Länge von fast einem Millimeter — so genügen selbst schwächste Vergrößerungen, um ein deutliches Bild von ihrem Bau zu erhalten. Der Aufenthaltsort der Tiere ist jedoch nichts weniger als ästhetisch ansprechend. Sie gehören nämlich zu den häufigsten Bewohnern des Enddarmes verschiedener Frösche bei uns in Europa so gut wie in Afrika und Nordamerika. In manchen Gegenden sind die Opalinen so verbreitet, daß man sie fast in jedem Frosche oft in reicher Menge finden kann. Bisweilen erwählen sie sich auch die Harnblase ihres Wirtstieres zum Sitz (Fig. 4).

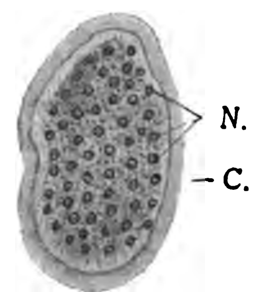


Fig. 4. Opalina ranarum aus dem Enddarm des Frosches.
C. Wimpern.
N. Kerne.

Die Opalinen besitzen wohl noch ihr Kleid aus zarten, feinen Wimpern, haben aber sonst mancherlei Rückbildung erfahren. Die kontraktilen Fasern sind ihnen verloren gegangen; ebenfalls fehlt eine pulsierende Vakuole, eine Mundöffnung und ein After. Infolge dieses Mangels sind die Tiere nicht mehr imstande, geformte Nahrungskörper aufzunehmen, sondern auf flüssige Nährsubstanzen angewiesen. Bemerkenswert ist ferner noch, daß die meisten Opalina-Arten im ausgebildeten Zustande sich durch den Besitz zahlreicher Kerne auszeichnen. In der Jugend haben sie ebenfalls nur einen großen, rundlichen Kern. Beim Heranwachsen teilt sich der Kern jedoch vielfach hintereinander, ohne daß das Protoplasma diese Teilungen mitmacht, so entsteht allmählich die große und vielkernige Zelle. Einen Unterschied zwischen Haupt- und Nebenkern kann man bei Opalina nicht machen. Die Fortpflanzung der Opalinen geschieht durch einfache Querteilung. Wahrscheinlich kommt es auch bisweilen vor, daß sich zwei Tiere vor der Teilung aneinanderlegen und miteinander verschmelzen, also eine primitive Art des Geschlechtsaktes, eine Konjugation, ausführen. Diese Verhältnisse und namentlich das Verhalten der Kerne bei diesem Vorgange sind jedoch noch sehr wenig geklärt, und können auch wir hierauf nicht näher eingehen.

Eine Frage aber ist noch von Wichtigkeit und heischt Beantwortung. Da bei der bekannten Lebensweise der Frösche ohne einen Wirtswechsel eine Übertragung der Opalinen von einem Tier auf ein anderes gar

nicht denkbar wäre, so muß notwendig neben der einfachen Querteilung noch ein anderer Vermehrungsmodus existieren. In der Tat hat die neuere Forschung diese Vermutung bestätigen können. Zu Beginn des Frühjahres nämlich, zur Zeit wenn die Frösche zur Ablage ihrer Eier das Wasser aufsuchen, zerfallen ihre kleinen Schmarotzer infolge zahlreicher, einander rasch folgender Teilungen in eine große Menge kleiner Individuen, welche nur noch wenige Kerne besitzen und sich bald mit einer dünnen Hülle umgeben. In diesem Zustande gelangen nun die kleinen Opalinen, durch ihre Cyste vor allen Unbilden geschützt, mit dem Kot aus dem Körper des Frosches heraus ins Wasser und sinken hier zu Boden. Zusammen mit Schlamm

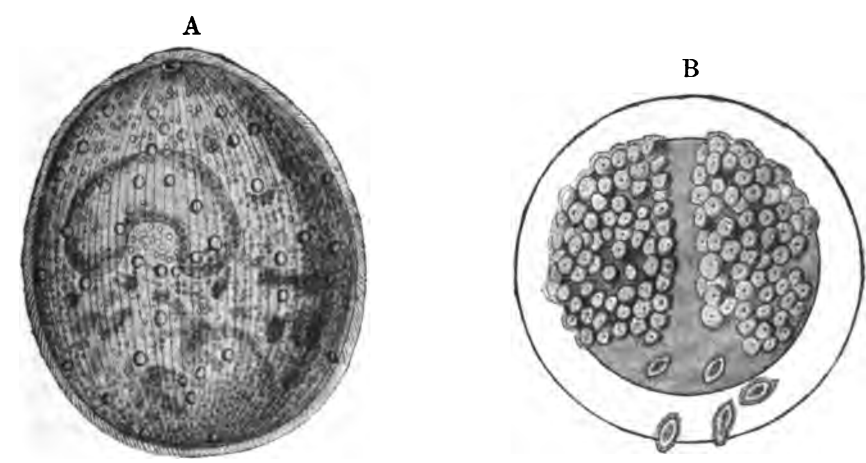


Fig. 5. A. Ganzes, erwachsenes Tier. B. Reife Vermehrungscyste.
(Nach Bütschli, entnommen aus Doflein.)

und verwesenden Pflanzenteilen werden sie dann später von jungen Kaulquappen gefressen, gelangen in deren Darm, kriechen hier nach einiger Zeit aus ihren Cysten heraus, und die Neuinfektion ist beendet.

Ebenfalls ein Angehöriger der holotrichen Infusorien ist Ichthyophthirius multifilis, ein Parasit, welcher bisweilen unter der jungen Fischbrut und namentlich unter den heranwachsenden Forellen große Verheerungen anrichten kann. Auch diese Tiere zeichnen sich durch ihre bedeutende Größe, die annähernd die der Opalina erreicht, aus. Die Gestalt ist abgestumpft eiförmig und die Körperoberfläche mit einem ziemlich gleichmäßigen Cilienkleide bedeckt. Nur um die Mundöffnung, welche sich auf dem verschmälerten Vorderende öffnet, steht ein Kranz etwas stärkerer Borsten. Ichthyophthirius besitzt ebenfalls eine Afteröffnung und zahlreiche kleine, einfach gebaute, pulsierende Vakuolen. Wenigstens im jugendlichen Zustande kann man deutlich einen Haupt- und Nebenkern unterscheiden, bei erwachsenen

Individuen wird der letztere leicht von den zahlreichen Nahrungsresten, die den ganzen Körper der Tiere erfüllen, überdeckt und läßt sich nicht mit Sicherheit nachweisen. Man sieht jedenfalls, daß die Rückbildungen bei diesem Infusor lange nicht so tiefgreifende sind wie bei Opalina. Es hängt dieses wahrscheinlich damit zusammen, daß Ichthyophthirius nicht im Innern des Fischkörpers schmarotzt, sondern auf der Körperoberfläche (Fig. 5)

Interessant ist die Fortpflanzung der Parasiten. In sehr verschiedenen Altersstadien verlassen die Tiere entweder freiwillig ihren Wirt oder werden auch zusammen mit sich ablösenden Hautpartien des Fisches abgestoßen und sinken zu Boden. Unter rotierenden Bewegungen scheiden dann die Infusorien um ihren Körper eine gallertige Hülle ab. Nun dauert es nicht lange, bis der ganze Inhalt der Cyste durch fortgesetzte Teilungen sich in zahlreiche, bisweilen sogar viele Hunderte kleiner Individuen geteilt hat, von denen jedes einen Haupt- und Nebenkern mit auf die Lebensreise bekommt. Bald nach beendeter Teilung verlassen die kleinen Parasiten die schützende Gallerthülle, um einen passenden Fisch aufzusuchen, auf dessen Haut sie sich festsetzen. Infolge des Reizes, den die Schmarotzer hier auf die Oberhaut des Fisches ausüben, beginnt das Epithel zu wuchern, und bald sind die Infusorien von einem Zellenmantel überdeckt. Schon äußerlich kann man die Anwesenheit der Parasiten an der mit weißlichen Erhebungen bedeckten Haut der befallenen Fische erkennen.

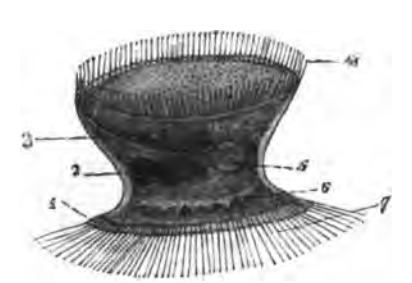


Fig. 6. Ansicht von der Seite des Vestibulums.
1 Velum, 2 Hauptkern, 3 Teil der adoralen Zone, (4), 5 kontraktile Vakuole, 6 Heftring, 7 hinterer Membranellenkranz.
(Nach Bütschli, aus Doflein.)

Auch unter den peritrichen Infusorien finden wir eine Art als häufigen Parasiten unserer Süßwasserfische, die darum besonderes Interesse verdient, weil das Tierchen, normalerweise ein Ektoparasit, bisweilen auch in das Innere der Wirte, in deren Harnblase, Darm oder Leibeshöhle eindringt, also zum Entoparasiten wird. Dabei ist dieses Infusor, sein Name ist Cyclochaeta, so wenig an seine schmarotzende Lebensweise angepaßt, daß es zuzeiten seinen üblichen schlechten Gewohnheiten Lebewohl sagt, seinen Wirtsfisch verläßt und auf eigene Faust frei im Wasser umherschwimmt. Eine besondere wirtschaftliche Bedeutung kommt den Cyclochaeten nicht zu, und im allgemeinen fügen sie den Fischen keinen großen Schaden zu.

Bekannter ist eine nahe verwandte Art, die gemeine Polypenlaus,

Trichodina pediculus, welche man regelmäßig mit Hilfe ihres hinteren Wimperkranzes behende auf dem Körper unseres kleinen Süßwasserpolypen Hydra herumlaufend finden kann. Eine nähere Beschreibung des Tierchens ist überflüssig, da man alles Wissenswerte aus der beigegebenen Abbildung ersieht (Fig. 6).

Nicht unerwähnt darf bleiben, daß man in dem Magen unserer Wiederkäuer und im Blinddarme der Pferde stets eine reiche Fauna zum Teil sehr abenteuerlich gestalteter Wimperinfusorien antrifft, welche sich hier von den in Zersetzung befindlichen Pflanzenfasern ernähren. Manche Autoren sind jedoch geneigt, viele dieser Tiere gar nicht als Parasiten aufzufassen, sondern halten es sogar für wahrscheinlicher, daß hier zwischen Wirt und Mieter ein Freundschaftsverhältnis, eine Symbiose, besteht und beide Parteien aus diesem Zusammenleben Nutzen ziehen. Die betreffenden Forscher nehmen nämlich an, die Wimperinfusorien spielten bei der Celluloseverdauung eine wirksame Rolle. Ob diese Auffassung berechtigt ist, bleibe dahingestellt. So viel scheint jedenfalls sicher, daß die Anwesenheit der kleinen Aftermieter dem Wirtstiere keinerlei Beschwerden bereitet, obwohl sie manchmal in geradezu ungeheueren Massen auftreten und nach einigen Angaben sogar den fünften Teil (?!) des gesamten Inhaltes des Netzmagens resp. Blinddarmes ausmachen sollen.

Auch der menschliche Körper bietet nicht selten verschiedenen Wimperinfusorien Wohnung und Nahrung. Die wichtigsten derselben sind die Balantidien. Namentlich Balantidium coli verdient Beachtung, da dasselbe häufig in Begleitung verschiedener Darmerkrankungen auftritt und der Gedanke nicht von der Hand zu weisen ist, daß seine Anwesenheit in einem ursächlichen Zusammenhange mit dem betreffenden Leiden steht. Neuerdings führte namentlich Koslowsky den Nachweis, daß Balantidium coli durchaus nicht so harmlos ist, wie in manchen medizinischen Kreisen angenommen wurde, sondern zu jahrelangem Leiden und zum Tode infolge allgemeinen Kräfteverfalls führen kann. Meist läßt sich jedoch die Krankheit, die sich vor allem durch monatewährenden ununterbrochenen Durchfall, Appetitlosigkeit und Durstgefühl zu erkennen gibt, bei sachgemäßer Behandlung erfolgreich bekämpfen.

Wahrscheinlich ist Balantidium coli von Hause aus überhaupt ein Parasit des Schweines, der nur vereinzelt auf den Menschen übergeht. Während er aber dem Schweine keinen Schaden zufügt, kann seine Anwesenheit für den Menschen, wie wir sahen, recht traurige Folgen haben.

Die sonderbarsten, unzweifelhaft aber auch interessantesten Wimperinfusorien stellen die Suktorien dar. Neuerdings werden die Tiere bis-

weilen von den Ciliaten abgetrennt und als eine besondere Klasse behandelt, doch liegt dazu nach meiner Ansicht kein genügender Grund vor. Das wichtigste Merkmal dieser Ordnung liegt im Fehlen des Wimperkleides bei den erwachsenen Tieren und in der Ausbildung zahlreicher Saugröhren. Den feineren Bau der Suktorien erkennt man am besten aus der beigegebenen Abbildung. (Fig. 7.) Eine gewisse Schwierigkeit bildete die morphologische Ableitung der Saugtentakel. Während einige Forscher sie für umgewandelte Wimpern ansprachen, glauben andere, in ihnen die ursprüngliche Mundöffnung der Ciliaten zu erblicken. Nach dieser Hypothese müßte man also annehmen, daß zuerst aus der Mundöffnung, indem diese sich an die saugende Lebensweise anpaßte, ein einheitlicher Tentakel entstand. Im Verlaufe der phylogenetischen Entwickelungen gingen dann aus diesem durch Spaltung mehrere bis zahlreiche Tentakel-Mundröhren hervor. Diese Auffassung erscheint gar nicht so unbegründet, da wir ja wissen, daß unter gewissen Umständen fast alle Organe der Vermehrung fähig sind.

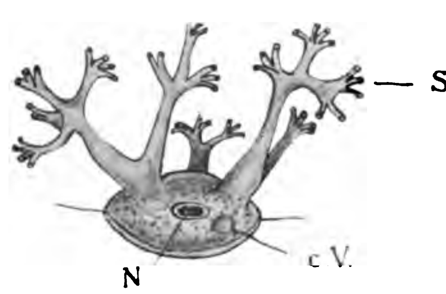


Fig. 7. Dendrocometes paradoxus.
Schmarotzt auf den Kiemen des Flohkrebses, Gammarus pulex.
N. Kern. c. V. kontraktile Vakuole. S. Saugtentakel.

Sehen wir uns den Bau der Tentakel etwas genauer an, so finden wir, daß sie hohle, an dem freien Ende offene Röhren darstellen. Bei manchen Suktorien sind die Tentakel an dem freien Ende mit einem kleinen Knöpfchen versehen, bei anderen teilen sie sich in mehrere, sich allmählich verjüngende Äste u. s. f. Auch die Anordnung der Saugröhrchen auf dem Körper der Tiere ist großen Verschiedenheiten unterworfen, indem sie teils ganz unregelmäßig über die gesamte Körperoberfläche verteilt, teils nur auf das Vorderende beschränkt sind oder auch in kleineren oder größeren Gruppen an beliebigen Stellen zusammenstehen.

Bedingt durch das Fehlen der Fortbewegungsorganellen haben die Suktorien zum überwiegenden Teile die freie Ortsbewegung verloren und sind entweder mit ihrer Basis oder einem schlanken Stielchen auf der Unterlage, besonders häufig auf anderen Tieren, kleinen Krebsen, Polypen etc. festgewachsen. Die Jugendformen dagegen besitzen ein wohlausgebildetes Wimperkleid, mit dessen Hilfe sie sehr gewandt im Wasser umherschwimmen.

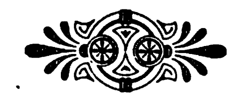
Die Fortpflanzung der Suktorien weist eine große Mannigfaltigkeit auf. Neben der gewöhnlichen Vermehrungsform durch einfache Zweiteilung finden wir hauptsächlich Knospenbildung; die Knospung kann sowohl eine äußere wie eine innere sein, auch können eine oder zahlreiche Knospen gleichzeitig gebildet werden. In dem übrigen Bau ihres Körpers schließen sich die Suktorien eng an die ciliaten Infusorien an, sowohl was die Kerne, als auch die Vakuolen etc. anbelangt. Erwähnt muß nur noch werden, daß ihr Körper von einer festen Cuticula umhüllt ist, welche sogar manchmal zu einem Gehäuse umgewandelt erscheint.

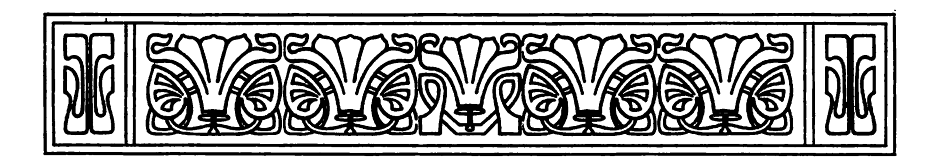
Die Suktorien sind die wahren Raubtiere und machen auf alle möglichen kleineren Tiere, namentlich andere Infusorien, Jagd, welche sie mit Hilfe ihrer Tentakel ergreifen und aussaugen. Uns interessieren sie besonders, weil sich unter ihrer Sippe auch echte Parasiten finden. Parasiten, welche um so bemerkenswerter sind, da sie sich nicht den Körper eines höheren Tieres zum Wohnsitz erkoren haben, sondern in dem Innern von Artgenossen, von anderen Protozoen ihre schmarotzende Tätigkeit ausüben. Wir finden Suktorien als Innenparasiten bei verschiedenen echten Wimperinfusorien, bei Stentor, Paramaecium etc., ja sogar bei anderen Suktorien. Namentlich Paramaecium beherbergt in manchen Gegenden gar nicht selten ein kleines Sauginfusor, Sphaerophrya pusilla. Es ist dieses ein winziges, fast kugeliges Geschöpf, von dessen Körperoberfläche zahlreiche längere oder kürzere, geknöpfte Saugtentakel ausstrahlen. Letztere kommen freilich erst zur Ausbildung, wenn der Parasit den Körper seines Wirtes verläßt; solange er sich im Inneren desselben befindet, ist er tentakellos. Ebenfalls besitzen die Sphaerophryen im freien Zustande einen Wimperkranz zum Umherschwimmen. Doch nur kurze Zeit währt ihr freies Leben; sobald sie ein Paramaecium oder einen anderen ihnen geeignet dünkenden Wirt erreicht haben, setzen sie sich an diesem fest. Jetzt werden Wimpern und Saugröhren abgeworfen oder rückgebildet, und der kleine Schmarotzer senkt sich tief in den Körper seines Opfers ein. Zuletzt sitzt er in einer deutlichen Grube mitten im Körperplasma des Paramaeciums, und in dieser Grube findet auch die Vermehrung statt, welche durch Teilung und Knospung vor sich geht. Die jungen Knospen-Schwärmsporen verlassen dann den Körper auf dem gleichen Wege, auf welchem das Muttertier in das Paramaecium eingedrungen ist. Dieser Weg bleibt nämlich als ein rundlicher Kanal, die sogenannte Geburtsöffnung, erhalten und verbindet die vorhin erwähnte Grube mit der Außenwelt.

Wir verlassen hiermit die Ciliaten und wenden uns der zweiten großen Abteilung des Infusorienreiches, den Geißelinfusorien oder Flagel-

laten zu. Haben wir es bisher mit verhältnismäßig harmlosen Schmarotzern zu tun gehabt, so begegnen uns hier bereits verschiedene äußerst gefährliche Krankheitserreger. Ehe wir aber auf diese zu sprechen kommen, sei vorher die Organisation der Flagellaten in groben Umrissen einer Besprechung unterworfen und auch kurz auf einige harmlosere Parasiten, die wegen ihrer weiten Verbreitung oder als Bewohner des menschlichen Körpers unsere Beachtung verdienen, hingewiesen.

(Fortsetzung folgt.)





Naturwissenschaft und Weltanschauung.

Zur Lipps'schen Rede am letzten Naturforschertag.

Von **Dr. Hans Kleinpeter** in Gmunden.

In dem Verhältnis zwischen Naturwissenschaft und Philosophie hat sich im Verlaufe des 19. Jahrhunderts ein bemerkenswerter Wandel vollzogen. Im ersten Drittel erblicken wir die Naturwissenschaft in vollständigster Abhängigkeit von der Philosophie. Philosophen, die in der Naturwissenschaft arge Laien sind, nehmen es sich heraus, sie zu meistern. Die notwendige Folge hiervon war der vollständige Bruch zwischen Naturwissenschaft und Philosophie, der mit dem großen naturwissenschaftlichen Aufschwung der vierziger Jahre einsetzt und bis gegen das Ende des 19. Jahrhunderts anhält. Hier beginnt sich die Situation neuerdings zu ändern; die Naturforscher fangen an, selbst Philosophie zu treiben oder wenigstens für ihre philosophischen Bedürfnisse Vorsorge zu treffen, nachdem ihnen die offizielle Fachphilosophie noch immer nichts zu sagen hat, was sie als brauchbar anerkennen könnten.

Am letzten Naturforschertage in Stuttgart geschah es nun, daß wieder ein Fachphilosoph zu Naturforschern sprach. Prof. Lipps, der bekannte Psychologe der Münchener Universität, sprach über „Naturwissenschaft und Weltanschauung", oder wie er sich eingangs seiner Rede näher ausdrückte „über die große und erstaunliche Tatsache, die den Namen ‚Naturwissenschaft' trägt" und „die ein Gegenstand der philosophischen Betrachtung ist, so gewiß Naturwissenschaft ein geistiges Tun, und alle Wissenschaft vom Geistigen Philosophie ist."

In diesen Worten liegt ein unverkennbarer Gegensatz gegenüber den bisherigen, von naturwissenschaftlicher Seite stammenden Darstellungen über das gleiche Thema ausgesprochen. Eine Reihe von Naturforschern haben ja über das Wesen ihrer Wissenschaft — wie man meinen sollte — nicht ganz ohne Erfolg nachgedacht; ich glaube, es genügt, wenn ich hier nur die Namen Maxwell, Mach, Clifford, H. Hertz, Pearson, Volkmann und Ostwald ausspreche. Lipps meint nun,

man ist entweder Philosoph „ganz und gar oder gar nicht“ und ebenso Naturforscher. Die berührte Frage ist aber eine philosophische, somit haben hier die Philosophen das Wort und die Naturforscher zu schweigen.

Dies ist der wenig verhüllte Ausgangspunkt der Lipps'schen Darlegungen. Wir wollen nun sehen, was uns ein Philosoph, dem das Gebiet der Naturwissenschaft fern liegt, über das Wesen derselben zu sagen hat.

„Gesetzt, man versteht unter dem vieldeutigen und viel mißbrauchten Wort ‚Erscheinung‘ das, was dieses Wort zunächst besagt, das heißt, man meint damit die Spiegelungen der Dinge im individuellen Bewußtsein, die sinnlichen Wahrnehmungsinhalte, die optischen, akustischen usw. Eindrücke oder Bilder bezw. die Komplexe von solchen, so ist nichts gewisser, als daß die Naturwissenschaft in gar keiner Weise mit Erscheinungen sich befaßt. Vielleicht meint man, wir könnten ein Wissen im Grunde überhaupt nur von unseren Bewußtseinsinhalten haben. In Wahrheit aber pflegen wir von diesen das allergeringste Wissen zu haben. Alles Wissen setzt ein Beobachten voraus. Aber schon der Mensch des vorwissenschaftlichen Bewußtseins und erst recht der Mann der Naturwissenschaft pflegt nicht Bewußtseinsinhalte zu beobachten — im übrigen eine nicht so einfache Sache, wie manche zu meinen scheinen — sondern, was beide zu beobachten pflegen, ist das Wirkliche oder die vom Bewußtsein unabhängige Welt der Dinge[1]). Und schließlich vielleicht begründet man solche vermeintlichen erkenntnistheoretischen Wahrheiten durch die Versicherung, das Bewußtsein könne nicht über sich selbst hinaus, so wenig wie ein Mensch über seinen Schatten zu springen vermöge. Indessen dieser Vergleich hinkt nicht bloß, wie es das Recht der Vergleiche ist, sondern er lahmt auf beiden Füßen. Im Denken geht oder greift das Bewußtsein jederzeit über sich hinaus. Es besteht eben hierin das Wesen des Denkens. Denken ist seiner Natur nach eine Wechselbeziehung zwischen dem denkenden Ich und von ihm verschiedenen und ihm transzendenten Gegenständen, insbesondere eine Wechselbeziehung zwischen dem denkenden Ich und einer von ihm unabhängig existierenden Welt der Dinge.“

. . . . „Aber beschreibt nun etwa die Naturwissenschaft die Erscheinungen in diesem neuen Sinne, das heißt, beschreibt sie die Dinge nur ebenso, wie sie erscheinen? Natürlich nicht. ‚Beschreiben‘ kann man, wofern nicht etwa mit diesem Worte ein verwirrendes

[1]) Diese ist also offenbar nach Lipps leichter zu beobachten!

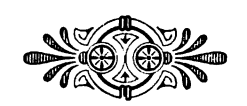
Spiel getrieben werden soll, nur das Erfahrene. '... Das Denken oder der denkende Geist geht in einer solchen Erkenntnis über die Erfahrung, und zwar unendlich weit hinaus, nicht willkürlich, sondern nach einem Gesetz. Und natürlich nach einem Gesetze eben dieses denkenden Geistes. Dies Gesetz nennt die Logik das Identitätsgesetz. In seiner Anwendung auf das objektive Wirkliche trägt dasselbe den Namen des Kausalitätsgesetzes. .... Im übrigen hinkt dieser Vergleich natürlich vor allem insofern, als der Gesetzgeber der Naturgesetze nicht der Wille einer übermächtigen Staatsgewalt ist, sondern die Natur des denkenden Geistes. Wie es zugeht, daß die Naturgesetze, die der Geist nach seinem Gesetz aus dem Material der Erfahrung schafft, durch neue Erfahrungen bestätigt werden, oder, wie es geschieht, daß jene ‚Rechnung', obgleich sie nicht von den Tatsachen, sondern vom denkenden Geiste angestellt wird, in ihrem Ergebnis immer wieder mit den Tatsachen zusammentrifft, dies freilich ist ein Rätsel. Ja es ist das große Rätsel."

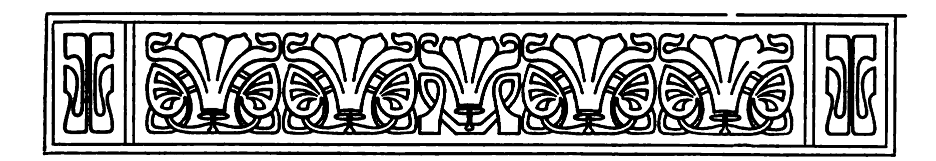
Ich glaube, das genügt. Beide entstammen derselben Quelle, dem metaphysischen Triebe. Man braucht weder Naturforscher noch Philosoph zu sein, um das gänzlich Verkehrte obiger Ausführungen zu erkennen, die den weiteren Betrachtungen von Lipps zugrunde liegen. Daß den Gegenstand jeder Naturwissenschaft die Erscheinungen bilden, das kann eben nur ein Philosoph bezweifeln. In Wirklichkeit sind darüber die Akten längst geschlossen; das ist keine wissenschaftlich berechtigte Frage mehr. Ist etwa eine Sonnenfinsternis keine Erscheinung oder bildet sie nicht mehr Gegenstand der Astronomie? Ist etwa der Regenbogen, das Gewitter, das Echo, das Steigen und Fallen des Barometers keine Erscheinung? „Spiegelungen der Dinge" sind die Erscheinungen allerdings auch nicht, sondern die Dinge selbst, d. h. das Wort Ding kann keine andere vernünftige Bedeutung als die eines Erscheinungskomplexes besitzen. Von Bewußtseinsinhalten hätten wir, wie Lipps meint, das „allergeringste Wissen"! Was wir „wissen", muß uns doch vor allem bewußt werden, alles andere sind theoretische Hirngespinste. Und diese nicht im Bewußtsein enthaltenen Dinge sollen noch viel leichter zu beobachten sein als unsere Bewußtseinsinhalte! Der angeführte Vergleich ist doch gewiß völlig zutreffend. Beschreiben kann man nicht nur das Erfahrene, sondern auch Phantasiegebilde. Köstlich ist die sprunghafte Logik der folgenden Sätze. Daß das Denken über die Erfahrung hinausgeht, ist zunächst richtig. Auch geschieht es nach einem Gesetz, wenn man sich so ausdrücken will, aber natürlich nicht nach einem Gesetze des Ich, das ja doch willkürlich wäre. Noch viel weniger ist aber dieses Gesetz das

Identitätsgesetz und ebensowenig das Kausalitätsgesetz. Ein solches gibt es, wie Wundt treffend gegen Meumann ausführt, überhaupt nicht.*) Man denke nur ein wenig an die Konsequenzen. Das Ich ist überall, d. h. bei jeder naturwissenschaftlichen Untersuchung, dasselbe; sein Gesetz, das Identitätsgesetz auch. Die Naturgesetze werden der Natur vom denkenden Ich aufoktroyiert; somit sind alle Naturgesetze gleich, es gibt nur ein Naturgesetz — vielleicht das der Identität oder Kausalität. Welch großartige Weltanschauung! Und zum Schluß der Zusammenbruch, das große Fiasko oder „das große Rätsel". Schade, daß es bloß für den besteht, der noch nie etwas von der Anpassung der Gedanken an die Tatsachen vernommen!

Ich bezweifle nicht, daß sich im Vortrage manche Behauptungen finden, die nicht falsch sind, wiewohl obige Zitate noch einer ausgiebigen Vermehrung fähig gewesen wären. Verfehlt von vornherein ist aber wie bei Hegel die ganze Grundlage, und darum kann über diesen neuen Versuch kein günstigeres Urteil gefällt werden, als über die alten.

*) W. Wundt, Über empirische und metaphysische Psychologie, Arch. f. ges. Psych. Bd. 2, S. 333ff.





Dr. Meydenbauers Theorien zur Entwicklungsgeschichte der Erde.*)

Von **W. Kranz**, Oberleutnant im 2. Lothringischen Pionier-Bataillon Nr. 20.

Interessante, aber eigenartige Ansichten entwickelt in Heft 9 und 10 der naturwissenschaftlichen Monatsschrift „Himmel und Erde“ 1906 Geheimer Baurat Prof. Dr. Meydenbauer in den Aufsätzen: „Gibt es Hohlräume im Erdinnern?“, „Kohle, Kali, Petroleum“ und „Vulkanismus und Aufsturztheorie“. Alles, was er gegen das Vorhandensein von größeren Hohlräumen im Erdinnern an tatsächlich Beobachtetem anführt, rührt aus den Erdschichten her, die uns durch oberflächliche Aufschlüsse oder durch Bergwerkbetrieb usw. zugänglich sind. In noch größeren Tiefen können indes sehr wohl riesige Hohlräume existieren, deren Decken selbst bei beginnender Zerstückelung durch auflastende und seitliche Gesteinsmassen verspannt und eine Zeitlang im labilen Gleichgewicht erhalten werden. Noch weiter weicht Dr. Meydenbauer von jeglicher „Lehrmeinung“, wie er selbst sagt, in dem zweiten Aufsatz ab: Nachdem die kalte Erde durch Aufsturz von Himmelskörpern nahezu ihren jetzigen Umfang erreicht hatte, ohne jemals in ihrer ganzen Masse glühend gewesen zu sein, erzeugten die letzten, aus größerer Höhe kommenden Aufschläge unweit der Erdoberfläche lokale Glutherde, deren Wärme in Verbindung mit zudringendem Wasserdampf Vulkane hervorbrachten. Alles Urgestein, ferner das „ältere“ Steinsalz und Petroleum sollen von solchen Meteoriten herrühren, und wo die Aufstürze ins Meer erfolgten, entstanden Wellen von meilenhoher Auftürmung: „das große Agens“, welches unsere Erdoberfläche durch Abrasion ganzer Gebirge umgestaltet hat, ganze Faunen plötzlich vernichtete und riesige Pflanzenlager in den jetzigen Kohlenmulden zu-

*) Das sonst in dieser Zeitschrift festgehaltene Prinzip, nur begründete Resultate der Wissenschaft zu bringen oder allgemein anerkannte Lehrmeinungen darzustellen, ist durch die Veröffentlichung der drei Aufsätze von Professor Dr. Meydenbauer durchbrochen worden, weil wir einem auf anderen Gebieten hochgeschätzten Gelehrten unsere Spalten nicht verschließen zu dürfen glaubten. Durch die berechtigte Kritik, welche diese Aufsätze hervorgerufen haben, sehen wir uns zur Aufnahme des obenstehenden Aufsatzes veranlaßt.
(Die Redaktion.)

sammenschwemmte. Auch die Kettengebirge sollen infolge solcher Aufstürze durch Beiseiteschiebung der oberen Schichten entstanden sein. „Die ungeheuren, durch das ganze Erdinnere wirkenden Spannungen und Zerrungen wirken noch heute nach und sind die letzten Ursachen der gegenwärtigen Erdbeben."

Es bleibt jedem einzelnen überlassen, der Theorie Kant-Laplace zu folgen und an ein allmähliches Erkalten der ursprünglich glühenden Erdmasse zu glauben oder mit Meydenbauer anzunehmen, daß unsere Erdenmutter bereits in ihrer frühesten Jugendzeit eine feste, kalte Masse war, so kalt, daß organisches Leben auf ihrer Oberfläche zunächst unmöglich blieb.

Je weiter man nun in der Entstehungsgeschichte der Erde zurückgeht, desto gewaltigere Ausbrüche vulkanischer Gesteinsmassen lassen sich feststellen. Ich erinnere nur an die riesenhaften Porphyrdecken des Rotliegenden usw., mit denen sich die jetzigen Eruptivmassen in keiner Weise vergleichen lassen. Man würde dem Zufall ein weites Feld einräumen, wenn man diese Abnahme eruptiver Tätigkeit mit dem Alter nicht in ursächlichen Zusammenhang mit einem allmählichen Erkalten der ursprünglich jugendfeurigen Erde in Verbindung bringen wollte. Wenn Meydenbauer ferner die Urgesteine als herabgestürzte Meteorite aufgefaßt wissen will, so steht dem die Beobachtung entgegen, daß zahlreiche Granite usw. unter Lagerungsverhältnissen vorkommen, die nur die Annahme eines Empordringens von unten, nicht aber eines Einschlags von oben zulassen. Die Wissenschaft hat bisher die Möglichkeit eines Entstehens von solchen Urgesteinen aus glutflüssigem Material des Erdinnern noch nicht bezweifelt. Wie sich ein derartiger Vorgang abspielen kann, läßt sich an einem Flammofen zur Bereitung des feinen Stahls beobachten: In dem Ofen wird eine Mischung von Eisen, Kieselsäure, Kohlenstoff, Schwefel usw. geschmolzen und der oberflächlichen Wirkung von Luft ausgesetzt. Der oxydierende Kohlenstoff geht dann als Kohlenoxyd und Kohlensäure in die Luft über, die Kieselsäure schwimmt oben und verbindet sich zum Teil mit Metallen zu einer kieseligen Kruste, die in ihrer Zusammensetzung eine auffallende Ähnlichkeit mit den Silikaten der Erdkruste hat. Das schwere Eisen setzt sich zu Boden. So läßt es sich auch erklären, daß die Erde als Ganzes ein weit höheres spezifisches Gewicht hat als die Summe der Gesteine ihrer Oberfläche: Zunächst ihrem Schwerpunkt konzentrierten sich beim Erkalten die schwersten Stoffe, während sich die leichteren Silikate, Carbonate usw. an der Oberfläche der Erdkugel sammelten. Nach Meydenbauer müßte man sonst annehmen, daß bei dem ersten Zusammenströmen von Massenteilchen zufällig nur die schwersten Metalle

beteiligt waren, und daß ebenso zufällig bei den letzten Aufstürzen fast nur spezifisch leichte Gesteinsmassen ankamen und die Erdoberfläche bildeten; er hält indessen nur für wahrscheinlich, daß zunächst die größeren, zuletzt die kleineren Monde und Möndchen aufstürzten.

Was nun die Entstehung unserer heutigen Vulkane betrifft, so scheint die neuere Wissenschaft allerdings der Stübelschen Theorie insoweit zuzuneigen, daß man im allgemeinen keinen direkten Zusammenhang der Feuerschlote mit einem glühendflüssigen Erdinnern, sondern „peripherische" Glutherde annimmt, auf denen die Vulkane als natürliche Ventile stehen. Ich habe diese Lehre mit den neuesten Forschungen in Einklang zu bringen gesucht durch Annahme gewaltiger magmaerfüllter Hohlräume auch unter Gebieten, wo zur Zeit der vulkanischen Ausbrüche keine Spalten vorhanden waren, die mit dem Erdkern hätten in Verbindung stehen können (Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 1906, Seite 104ff.; Straßburger Post, 1905, Nr. 1366). Es lassen sich also die vulkanischen lokalen Glutherde sehr wohl erklären, auch wenn man einen glühenden Erdkern in noch viel größeren Tiefen annimmt, ohne zur Aufsturztheorie Meydenbauers greifen zu müssen. Hier ist ferner zu erwägen, daß ein solcher Einschlag eines Himmelskörpers wohl momentan große Hitzegrade erzeugen kann, daß sich aber die einschlagende Masse bald wieder an dem kalten Erdgestein abkühlen müßte. Ein etwa entstehender Glutherd könnte also kaum von nennenswerter Dauer sein. Der Vesuv ist dagegen nachweislich bereits über 2000 Jahre alt. Ebenso kann das Fehlen eines Ausbruchskanals unter einem bei Urach abgebauten Basaltlager nicht als Beweis dagegen gelten, daß dieser selbe Basalt Eruptivgestein war: Es mag sich dort um einen Deckenrest gehandelt haben, dessen Umgebung längst durch Denudation beseitigt war, dessen Eruptivkanal aber weiter abseits liegen konnte; ein solcher ist somit an Ort und Stelle gar nicht erforderlich. Wenn ferner Meydenbauer das Nördlinger Ries als „ein einzig dastehendes charakteristisches Beispiel eines jüngsten Einschlags" bezeichnet, so steht er mit seiner Ansicht ziemlich vereinzelt da. Alle Kenner dieser hochinteressanten Örtlichkeit, darunter Deffner, O. u. E. Fraas, Gümbel, Koken, Branco, Knebel, halten den Rieskessel vielmehr für ein Einbruchsgebiet vulkanischer Natur, unter dem sich ein von unten emporgedrungener Batholith befindet.

Nicht anders steht es mit Meydenbauers „Einschlägen" zur Erklärung der Verwerfungen, Überschiebungen, des Aufrichtens und Umkippens von Schichten an der Erdoberfläche — mit anderen Worten: seiner Deutung der Entstehung von Kettengebirgen —, „die zu erklären das Schrumpfen einer erstarrten Erdkruste niemals ausreicht." Gerade

das Gegenteil ist der Fall! Man braucht sich nur einerseits den Einschlag eines Geschosses in eine Platte und andererseits die runzelige Oberfläche eines eintrocknenden, zusammenschrumpfenden Apfels anzusehen. Dort lokale Aufbiegungen dicht um das Geschoßloch herum, einige Risse und Sprünge, aber niemals Beiseiteschieben größerer Massen; hier dagegen die Bildung von zahlreichen Falten. Noch überzeugender wirkt das obenerwähnte Beispiel vom Flammofen: Auf der erkaltenden Masse entsteht zunächst eine dünne Haut, die sich allmählich verdickt und runzelig wird; man sieht geradezu Gebirgszüge und Täler entstehen, die im Vergleich der Massen weit höher und tiefer sind, als die jetzigen Gebirge und Täler auf der Oberfläche der Erde. Nachdem die Kruste eine gewisse Dicke gewonnen hat, beginnt vulkanische Tätigkeit. Durch die Schrumpfung des darunterliegenden Metalls bilden sich Risse, Spalten, Verwerfungen, und hier und da werden Lavaströme ausgeworfen, die an manchen Ausbruchstellen Vulkanberge bilden. Man kann sich vorstellen, daß bei einem entsprechenden Werdegang der Erde unter der starren Kruste gewaltige Hohlräume entstehen müssen, in deren Gewölben die Spannungen allmählich derart zunehmen, daß einzelne angrenzende Widerlager oder Teile der Gewölbe selbst nicht mehr standhalten können und als langgestreckte Gesteinstafeln unter Rissen und Sprüngen emporgefaltet werden. Diese Ursachen sind es, die noch heute den größten Teil der Erdbeben hervorrufen. Letztere mit den jüngsten, also doch mindestens prähistorischen, meteorischen Einschlägen in Verbindung bringen zu wollen, geht keineswegs an: Ein solcher Einschlag hat seine etwa lokal auffaltende Tätigkeit mit dem Augenblick beendet, wo seine Masse im Untergrund begraben liegt; das Gleichgewicht ist damit wiederhergestellt, „Spannungen und Zerrungen" können heute nicht mehr nachwirken oder „die letzten Ursachen der gegenwärtigen Erdbeben" sein.

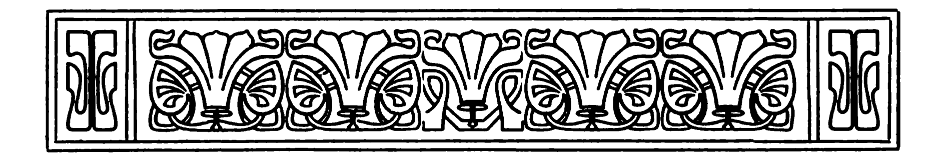
Schließlich einige Worte über Meydenbauers „großes Agens, welches unsere Erdoberfläche umgestaltet hat", die Riesenwellen, die durch Aufsturz von Himmelskörpern in mehr oder weniger tiefe Meere entstanden. Unmöglich sind solche Vorgänge keineswegs, sie dürften sich aber auf vereinzelte Fälle beschränken. Vielleicht lassen sich auf diese Weise die Knochenschichten des Rhät besser erklären, als durch gewaltsamen Einbruch des Jurameeres in die süddeutsche Triasprovinz. Möglicherweise steht damit auch der anscheinend plötzliche Untergang so mancher Tierformen der Vorzeit und jene Springflut in Zusammenhang, welche Mesopotamien einst überschwemmte und zur Entstehung der Sintflutsage führte. Anderseits genügt zur Erklärung solcher Vorgänge auch die Annahme starker Seebeben. Daß aber „in tausendfacher

Wiederholung jene Wellen in meilenhoher Auftürmung über den Meeresgrund und das bis dahin aufgetauchte Land gestürmt kamen" und „die Vegetationsdecke ganzer Kontinente in eine einzige Mulde fegten und sie sofort wieder durch die aufgewühlten Erdmassen ganzer abrasierter Gebirge deckten", das klingt doch etwas unwahrscheinlich. Alle Achtung vor der Gewalt des Wassers —, zur Abrasion von Gebirgen gehört die jahrmillionenlange Ausdauer der Witterungseinflüsse, der Hitze und Kälte, des Hochschnees und Regens, der Gletscher, der Bäche, Flüsse und Ströme, nicht aber der Ansturm einiger Springfluten; denn ein „tausendfaches" Bombardement von so respektablen Himmelsgaben auf unsere arme Erdenmutter kann man sich nur schwer vorstellen. Die Beweise gegen eine solche Wiederholung der Katastrophentheorie früherer Geologen hat die neuere Paläontologie und Erdgeschichte erbracht mit dem Nachweis einer im ganzen ruhigen, steten Fortentwicklung der Erdoberfläche und ihrer Bewohner. Das schließt nicht aus, daß die dünnen, mit Sandsteinschichten wechsellagernden Kohlenflöze von Neunkirchen, die Meydenbauer zum Beweis für seine Ansicht heranzieht, durch Anschwemmung von Treibholz und Sandmassen in Gießbächen, Strömen oder Springfluten entstanden. Eine sehr große Zahl von Kohlenflözen rührt indessen zweifellos von einer Vegetation her, die an Ort und Stelle wuchs; das beweisen die Wurzeln und aufrechtstehenden Stammstücke, die sich dort in dem uralten Waldboden fanden.

Ebenso kann man Meydenbauers Ansicht nicht zustimmen, daß „das sog. ältere Steinsalz noch unverändertes meteorisches Salz ist", da sich Organismen darin nicht finden, „die doch in viel älteren Niederschlägen und zwar im Zechstein noch unter dem Steinsalz vorkommen". Merkwürdig ist diese letztere Tatsache gar nicht. Denn wenn sich die Steinsalzlager, wie die Wissenschaft heute annimmt, in abflußlosen, stark salzhaltigen Wasserbecken niederschlugen, dann wäre das Vorkommen von Organismen in diesen Lagern geradezu ein Wunder; in solcher Salzlake kann eben kein Lebewesen vegetieren.

Sicherlich können derartige außerhalb jeder „Lehrmeinung" stehende Ansichten zur Klärung der Anschauungen beitragen. Es dürfte sich indessen empfehlen, die Ergebnisse ernster Forschung nicht lediglich mit den Worten abzutun: „Von den supponierten Durchbrüchen aus einem glühenden Erdinnern durch eine oberflächliche Erstarrungskruste steht nur in Büchern geschrieben." Damit werden die eigenen Argumente des Herrn Dr. Meydenbauer nicht stärker.





Bilder aus den Abruzzen.

II. Auf die Majella.

(2795 m.)

Von **Dr. Alexander Rumpelt** in Langenbrück.

Der zweithöchste Berg der Abruzzen, die Majella, zieht sich etwa zwanzig Kilometer in gerader Richtung von Süden nach Norden und fällt gegen Westen in steilen Abstürzen, gegen Osten mehr dachähnlich ab. Die Ersteigung ist demnach von dieser Seite bequemer, aber länger. Ich wählte die kürzere, wennschon schwierigere von Campo di Giove aus, 1000 m hoch am Südwestabhang des Berges gelegen.

Das armselige Dorf ist nicht ganz „geschichtslos". Wie schon der Name verrät, war Campus Iovis, „Juppitersfeld", ein befestigtes Lager der Römer an einer der Straßen, die aus den Abruzzen nach Samnium hinüberführten. 1861 blühte in den Abruzzen für kurze Zeit das alte Räuberwesen wieder auf. Das vertriebene Königshaus, die herrlichen Bourbonen, warben ganze Haufen schlimmer Subjekte, besoldeten sie und schickten sie gegen die neue Regierung aus. Der Papst segnete und absolvierte sie im voraus, diese Räuberbanden, die „für Gott, den hl. Vater und Franz II." kämpften*). Damals kamen 140 solcher Briganten ins Dorf, um es zu brandschatzen. Da trat, das geladene Gewehr in der Hand, eine junge Dame der Familie Ricciardi auf den Balkon ihres Hauses, nahm den Anführer aufs Korn und schoß ihn nieder. Der Erfolg war, daß die eingeschüchterten Bewohner gleichfalls zu den Waffen griffen, und die Briganten, durch den Tod ihres Oberhauptes entmutigt, alsbald das Weite suchten.

Ich kam mit dem Mittagszug von Roccaraso an und hatte das Glück, in der Schänke den einzigen Führer des Orts, Donato Palumbo

*) Der Brigant Pasquale Forgione im Verhör vom 23. Februar 1863: „Wir kämpfen für den Glauben und haben den Segen des Papstes. Wer für die hl. Sache des Papstes und Franz II. kämpft, begeht keine Sünde." (Documenti parlamentari 1863. no. 58. B. S. 52.)

zu finden. Ein freundlicher, hochgewachsener Mann, obschon über fünfzig noch recht elastisch, mit offenem, etwas resigniertem Gesichtsausdruck und hoher, verständiger Stirn, kurz das Ideal des Abruzzesen: „forte e gentile“. Im Ausland, wo die Führer nicht jene ausgezeichnete Schule hinter sich haben wie in den deutschen Alpen, ist man leicht etwas mißtrauisch. Der Bergsteiger überliefert sich einem völlig Fremden mit Leib und Seele. Auch kann ein mürrischer oder unrüstiger Begleiter die schönste Tour von vornherein verderben. Hier nun war ich gut angekommen. Denn Donato kannte die Majella von Kindesbeinen an. Vor dreißig Jahren, erzählte er mir, hatte er bereits als junger Bursch einem Hauptmann, der da oben sein Zelt aufschlug und Vermessungen anstellte, wochenlang den Proviant hinaufgetragen. Gleichwohl holte er mir auf meinen Wunsch aus seinem Häuschen gegenüber sein Führerbuch. Ich las: „Tarif auf die Majella von Sulmona aus zehn Lire, der Führer ist verpflichtet, acht Kilo zu tragen. Seinen Unterhalt bestreitet der Tourist.“

Ich wunderte mich, daß er so wenig Zeugnisse aufzuweisen hatte, in jedem Jahr kaum eines.

„Die Majella wird wenig bestiegen. Der Weg ist etwas beschwerlich. Wollen Sie nicht ein Pferd mitnehmen?“

„Nein, ich gehe zu Fuß.“

„Dann müssen wir bei den Hirten übernachten; denn im Schutzhaus ist nur das blanke Holz, kein Stroh, keine Decken.“

„Mir recht. Also macht euch fertig!“

Ich sah mich vor dem Abmarsch noch ein wenig im Ort um. In dem Marktbrunnen paddelten vergnügt zwei große, graue Gänse und erweckten heimatliche Gefühle. Die Seehöhe des Dorfes und seine prächtige Lage inmitten hoher Berge ließen es für eine Sommerfrische geeignet erscheinen, wenn nicht im Umkreis von einer Stunde jeglicher Wald fehlte und nicht auch die größeren Häuser den Eindruck des Verfalls, also ein menschenwürdiges Wohnen unmöglich machten.

Auf der Treppe des Häuschens meines Führers standen, als wir (2^{15} nachmittags) auszogen, seine Frau, eine stattliche Bäuerin, zwei große und zwei kleine Mädchen und ein uraltes Weib, das spann. Die Frau übergab ihm seinen Mantelsack. Alle grüßten und winkten uns nach, außer der bereits stumpfsinnigen Großmutter. Unser Beginnen schien in der Tat ein außerordentliches Ereignis, obgleich der Herbst schon nahte, Donatos zweite Majellabesteigung in diesem Jahr!

Der Weg führte zuerst über Felder und Weiden, dann durch jungen Buchenwald, an dem Westabhang unter den Felsen der Tavola

rotonda hin. Wundervoll leuchtete der lasurblaue Himmel über den grauweißen Kalkschroffen.

Etwa in 1700 m Höhe hielten wir im Buchenschatten die erste Rast. Ein reicher Kranz der verschiedensten Bergformen säumte den Horizont gen Süden und Westen, vor allen Sirrente und Velino mit ihren zackigen Linien. Den Gran Sasso verdeckte der nahe Monte Morrone, der immer gewaltiger, beinahe erdrückend uns gegenüber zu wachsen schien. Leider gänzlich kahl.

Mein Führer berichtete mir von seiner Familie: fünfzehn Kinder! Wie sich herausstellte, zählte er aber dabei in Erinnerung an überstandene schwere Tage und Wochen, vielleicht auch aus einem sonderbaren Vaterstolz die Fehlgeburten mit. Von den fünfzehn lebten noch sechs, darunter zwei Söhne, beide in Amerika, vier Töchter zu Haus. Außerdem hatte er noch die Großmutter aus dem Jahre 1817 zu erhalten.

„Man sollte das Brot zwei Meter tief eingraben", so schloß er seine Ausführungen. „Wer's ausgräbt, der hat's. Wer nicht, der mag hungern. Der Satte weiß nicht, was Hunger ist. Unser König ist zu sehr Edelmann (troppo gentilhomo). Er duldet zuviel Unrecht. Es sollte manches anders sein."

Wieder fand ich meine Erfahrung bestätigt, wie tief eingewurzelt der monarchische Sinn im Italiener ist. Nie habe ich selbst von eingefleischten Republikanern ein schlimmes Wort gegen den König gehört. Immer schimpft man nur auf die Minister und die Abgeordneten. Und sonderbar genug für unsere naive Anschauung: selbst der wildeste Schreier im Parlament findet es mit seinen Grundsätzen vereinbar, einen Orden des Königs, den er heimlich vom Thron stoßen möchte, zu tragen, und erhält ihn auch, wenn er die nötigen Fürsprecher hat.

Wir brachen auf, und alsbald erschien tief unter uns das Städtchen Pacentro mit seinen mittelalterlichen Türmen, ganz versteckt zwischen Felsen. Rechts vom Morrone reckte sich jetzt das Horn des Monte Corno empor und unfern davon der spitzgezackte Monte Camicia. Im Vordergrund blaute das reiche Hügelland der Provinz Chieti. Wie köstlich frisch die Luft hier oben! Der „Boria" (Nordwind) hielt an und versprach für morgen eine treffliche Fernsicht.

Zwei Männer begegneten uns, jeder mit zwei Pferden. Der eine führte in Säcken Schafdünger aus der Alm zu Tal, der andere, gleichfalls in Säcken verpackt, Schnee aus den Dolinen der Tavola rotonda. Die Majella versorgt damit die heiße Stadt Sulmona zu ihren Füßen vom April bis in den Oktober hinein.

Nachdem wir ein Dutzend uralter Buchen passiert, die Wind und Wetter zu den seltsamsten Gestalten ausgebogen hatten, kamen wir um fünf Uhr zur ersten Sennhütte, dem Stazio Fondo*) di Majella, 1800 m hoch, in großartiger Lage. Gegen Osten ist sie im halben Bogen abgeschlossen durch die Felsen des Fondo di Majella, der andere Halbkreis des Horizonts liegt offen da — ein ganz alpines Bild. Da thront gerade uns gegenüber der massige, vielgipfelige Morrone, links davon streckt sich — ein großer, grüner Garten — das weite Tal von Sulmona, welches als breiter, gelber Streifen der Tratturo durchzieht, den ich schon von der Rotella wahrgenommen.

Eine kleine Rauchwolke bezeichnete den Bahnhof von Sulmona. Hinter der langen Linie des Monte Rotella bauten sich die Mauern der Montagna Grande (2208 m) auf. Weiter nach Norden überragten noch immer Velino und Sirrente mit ihren stolzen Formen das Heer der kleineren Berge, die aber auch meist ihre 2000 m, gut gezählt, aufweisen konnten. Neben dem Morrone rechts trat majestätisch die ganze Gran Sasso-Gruppe hervor. Tief unter uns ruhten, bereits von abendlichen Schatten durchsetzt, Pacentro und Campo di Giove. Wie ich es schon auf den Almen der Aremogna und der Chiarana (bei Roccaraso) beobachtet hatte, fehlte auch hier trotz der Höhe ein kleines Gärtchen nicht. Von Buchengestänge und Reisig umhegt, gediehen Kohl, Kraut, rote und weiße Rüben. Daneben lagen die Hürden.

Kühne Kalkschroffen, dolomitenähnlich vom Regen ausgewaschen, begrenzen hoch oben das Felsenamphitheater des Fondo di Majella. Die 500 Meter da hinauf geht es über eine steile Geröllhalde, mit Grasbüscheln, Wacholder, Disteln, Königskerzen bestanden, die durch die lange Dürre fast alle vertrocknet waren. Als wir die Höhe des Morrone erreicht hatten und alsbald selbstbewußt über ihn hinwegsahen, rasteten wir, um den Sonnenuntergang zu genießen. Unter einer langen, grauen Wolke begann der Himmel über dem Monte Velino weithin zu glühen, die Sonne verschwand hinter der Wolke. Dann aber trat die Feuerscheibe allmählich wieder hervor — wie ein Sonnenaufgang nach unten sah's aus. Wie altes Mattgold glänzte jene Himmelsecke eine ganze Zeit, während die tiefen Täler rings schon in Dunkel gehüllt waren. Das Gold ging in Orange über, die Berge, unter ihnen die kecke Pyramide des fernen Terminillo bei Leonessa, leuchteten veilchenblau, wie verklärt, und in diesem Meer von Licht sank die Sonne schwefelgelb hinter dem Monte Velino.

---

*) Auf der Karte fälschlich: Fonte Stazio = Almhütte.

Weiter zur Forchetta, zum Joch bei den Dolomitfelsen! Nach etwa $1^1/_2$ Stunden hatten wir auch die schlimmen 500 Meter mit einem Neigungswinkel von etwa 35° überwunden. Die Nacht brach herein. Da, als wir froh den müden Fuß auf das hier beginnende Hochplateau setzten, eine neue Überraschung! Während wir hinter uns die Welt in tiefem Dunkel ließen, stand plötzlich der Vollmond, eben aufgeglommen, über der einsamen Alm der Femmina morta vor uns. Und da schlugen auch schon die Hunde an, ein kleines Licht glänzte uns aus der nahen Hütte entgegen. Wir waren am Ziel, bei der „toten Frau“, der höchsten Sennhütte der Abruzzen, 2334 m ü. M.

Ich betrat die enge Hütte, die eine kleine Ampel, in ein Loch der Kalksteinwand mit dem Halter eingehakt, nur schwach erhellte. Ich zündete deshalb sogleich meine Kerze aus Roccaraso an und stellte sie auf einen Vorsprung der Mauer. So konnte ich das Innere einigermaßen erkennen.

Die Hütte ist an den Felsen angebaut. Vom Felsen aus sind im rechten Winkel zwei Mauern aus lose aufeinander gelegten, großen Kalksteinen aufgeführt, die dem Felsen gegenüberliegende dritte Wand ist höher und giebelförmig. Den First dieser Wand verbindet mit dem Felsen ein langer, gerader Tannenstamm, den in der Mitte ein oben gegabelter, unten in die Erde eingerammter Buchenstamm stützt. Von dem Tannenstamm senken sich nach den beiden Seitenmauern jüngere Buchenstämme, die in den Mauern verankert sind. Sie tragen das Dach: dürres Buchenreisig mit den Blättern und darüber Erdschollen. Oben ist ein Loch, wodurch der Rauch abzieht, der übrigens seinen Weg auch durch die niedrige Tür findet. Um die tausend Schafe jederzeit überwachen zu können, steht die Tür immer offen, sie wird nur bei schwerem Unwetter durch ein vorgestecktes Flechtwerk geschlossen. Fenster gibt's nicht. Den Herd bildet eine mit Steinen ausgelegte, viereckige Vertiefung in der Mitte der Hütte. Daneben steht ein starker Pfahl mit Querholz. Er dient zum Anhängen der eisernen Gefäße, in denen über dem Herd Panecotto für die Hirten und Kleienmus für die Hunde gekocht wird. Denn hier gibt es kein Gärtchen mehr, das mit seinen Gemüsen ein wenig Abwechslung in das Menü brächte. Mittags und abends ist die ständige Nahrung, wenigstens vom September an, Brotsuppe — d. h. große Brotstücke, in Wasser gekocht, mit Salz und ganz wenig Öl gewürzt.

Als der eine Hirt neben mir sitzend dieses anspruchslose Gericht einnahm und unter lautem Schmatzen mit den Fingern gierig die Brotstücke aus seiner Suppe fischte, bot ich ihm ein Stück Käse dazu aus meinem Rucksack an. Grinsend übers ganze Gesicht packte er den

Leckerbissen. Er war eben als letzter gekommen und durfte sich gütlich tun, während zwei andere Hirten das letzte Geschäft des Tages besorgten, nämlich die Tiere in die Hürden einließen. Der eine trieb sie, der andere stand am Eingang und sah, ob sie richtig durchs Tor gingen. Es war ein geisterhafter Anblick, wie die vielen hundert Schafe in der Bergeinsamkeit, vom Mond beschienen, die großen Hürden allmählich füllten und dann darin lautlos standen, wie aus Erz gegossen. Als ich eine Stunde später aus der Hütte trat, lagen sie alle dichtgedrängt, wiederkauend nebeneinander. Die wachsamen Hunde umkreisten außen die drei Verhaue beständig, wie patrouillierende Polizisten und prüften von Zeit zu Zeit, ob sich jedes Schaf ordnungsgemäß verhalte.

Beim knisternden Wacholderfeuer saßen wir dann mit den Hirten zusammen. Ungeschlachte Gesellen, ungeheuer plump in ihren geschnürten Ziegenledersandalen, ihren lose umgehängten Schaffellspenzern. Aber gutmütige Gesichter. Ein etwas dummpfiffiger, dicker Kerl war dabei — ein echter Sancho Pansa —, der soweit dialektfrei sprach, daß ich ihn verstehen konnte. Ich erfuhr von ihm — zu meinem Bedauern —, daß ich weder Schafmilch noch Schafkäse bekommen könne, da die Schafe vom 1. September an nicht mehr gemolken würden. Die Tiere seien trächtig und die Milch nicht bekömmlich. „Was, alle tausend?“ „Ja, so ziemlich.“ „Und wann werden sie werfen, noch hier oben?“ Der Hirt lächelte ein wenig über meine Unwissenheit: „Nein, im Oktober und November.“ „Also nach ihrem langen Marsch?“ „Ja, in Apulien. In Foggia ist dann große Viehmesse. Da werden die Männlein an die Schlächter verkauft, nur die stärksten und schönsten behält man zur Zucht. Die Weiblein dürfen leben.“

„Und was macht Ihr mit Eueren Weiblein? Nehmt Ihr sie auch mit nach Apulien?“

„Nein.“

„Also müßt Ihr vom Oktober bis Juni getrennt hausen? Wie kann man acht Monate ohne Frau leben?“

Mit einem mir unvergeßlichen halb lustigen, halb spitzbübischen Blinzeln kicherte er: „Man hat eben hier eine und dort eine. Eine Richtige und eine —“

„Lassen sich das die richtigen Frauen gefallen?“

„Si arranciano“ (sie geben sich darein).

Aber selbst in den kurzen vier Sommermonaten ist das Familienleben der Hirten ein gestörtes. Von den vier Hirten der Femmina morta bleiben drei je neun Tage oben, der vierte hat drei Tage Ur-

laub, den er bei Frau und Kindern in Campo di Giove zubringt. Kehrt er zurück, so geht der nächste, an dem die Reihe ist, auf drei Tage hinunter und so fort. Die Trennung von der Familie wird dadurch etwas gemildert, daß der Sohn des Hirten, wenn er acht Jahre erreicht hat, bereits dem Vater auf die Alm folgt, um ihm zu helfen und so dessen Beruf zu lernen, ihn auch wohl schon nach Apulien begleitet.

Mein Führer war der Vetter von einem der Hirten, und da ich mir überdies ihre Gunst im voraus durch Spenden von Tabak und Zigarren zu sichern wußte, hatten sie nichts dagegen, daß wir, statt alsbald zu der unwirtlichen Schutzhütte weiterzuwandern, bei ihnen zur Nacht blieben, ohnehin nur für wenige Stunden. Sie räumten Donato und mir die obere der beiden Schlafstellen — breite Kojen aus Holzstämmen — ein und beschränkten sich auf die untere. Ich stieg auf einen Schemel und schwang mich hinauf. Rechts von mir war der blanke Felsen, über mir das Dach von Buchenlaub und Erde. Ich lag auf Ziegen- und Schaffellen ganz weich. Die Hirtenjacke, die ich als Kopfkissen erhielt, drückte mich allerdings mit ihren Metallknöpfen etwas, schließlich wußte ich sie aber im Mondlicht, das zur offenen Tür hereinfiel, so zu wenden, daß ich nach etwa einer Stunde, als das Plaudern und Lachen der Hirten unter mir verstummte, in tiefen Schlaf sank.

Um ein Uhr bereits weckte mich mein Führer. Schweigend gingen wir hintereinander durch das einsame Hochtal, das zwischen dem Hauptgrat und dem Colle della Femmina morta in eineinhalb Stunden zum Lago di Majella führt, einer tiefen, runden Einsenkung unter dem Gipfel. Links beleuchtete der Mond unseren Pfad, rechts stieg um zwei Uhr der Orion in seiner ganzen Pracht empor. In den Lago ergießen den ganzen Frühling hindurch die angrenzenden Höhen ihr Schmelzwasser, und da es keinen Abfluß findet, so steht hier in der Tat bis in den Sommer hinein ein kleiner See. Endlich verdunstet das Wasser oder sickert in den Boden. Jetzt war infolge der langen Trockenheit auch an den tiefsten Alluvialstellen nichts von Feuchtigkeit wahrzunehmen. Riedgräser und Moose bemerkte ich, von Blumen nur die Cichorie. Doch bedürfen die Schafe — andere Tiere werden auf der Alm zur toten Frau nicht gehalten — kaum dieses sichtbaren Pflanzenwuchses. „Sie kratzen,“ sagte Donato, „sich Wurzeln aus dem Boden und werden dick davon. Wasser brauchen sie monatelang nicht, aber Salz, viel Salz.“

Kurz nach drei Uhr konnte mein Führer — dreißig Schritt unter dem Gipfel — seinen riesigen Schlüssel im Schloß der Schutzhütte

umdrehen, und wir traten ein. Eisig pfiff der Wind draußen. Kalt war's auch drinnen. Ich zündete meine Kerze an und setzte sie auf eine leere Schnapsflasche. Zum Glück fanden wir etwas Wacholderholz. Damit entfachten wir bald in dem kleinen eisernen Ofen ein lustiges Feuer, das wir bis Sonnenaufgang unterhielten. Während draußen der Wind heulte, vertiefte ich mich einstweilen in das Fremdenbuch.

Danach war die Hütte am 15. Juli 1890 von der Sektion Rom eingeweiht im Beisein von etwa sechzig Mitgliedern. Das war ein Ehrentag der Majella. Leider waltete ein trüber Unstern über der Hütte. Bereits auf der vierten Seite liest man: Am 23. August 1890 kam Salvatore P. auf den Gipfel und fand die Tür des Schutzhauses von Bösewichten (Malfattori) erbrochen. Es war vollständig ausgeraubt worden, alle tragbaren Geräte, Werkzeuge, Decken usw. verschwunden. Ein zweiter Einbruch erfolgte dann im August 1896.

Die Majella wird in der Tat sehr wenig bestiegen. Oft fehlte mehrere Monate (d. h. die drei Sommermonate Juli—September) hindurch jeder Eintrag. Von deutschen Besuchern fand ich nur vier, darunter den Geographieprofessor Hassert aus Tübingen (25. August 1899). Ich war also der fünfte binnen dreizehn Jahren!

Die Hütte ist in traurigem Zustand. Unter den wenigen Küchengeräten nimmt die erste Stelle ein kolossaler Makkaronitopf ein — wir sind noch im Neapolitanischen! — und ein Reibeisen für den Käse. Ein großer Tisch mit Bänken und Hitschen bildet das einzige Mobiliar. Im Fremdenbuch liest man viele Klagen über den Rauch, den das unpraktisch angebrachte Ofenrohr bei Wind verursacht — auch uns biß der Qualm gehörig in die Augen — und über das „Favolaccio“, die lange, harte Holzbank. Wer hier übernachten will, muß eine ganze Aussteuer an Decken, Stroh, Heu mitbringen. Auf dem Heu schläft man erst, am Morgen bekommen es dann die Pferde zu fressen, die in einem kleinen angrenzenden Stall untergebracht werden.

Immerhin ist das vorhandene besser als nichts, und man kann es dem italienischen Alpenklub nicht verdenken, wenn er nach jenen traurigen Erfahrungen nichts mehr für die Unterkunft auf diesem Berge tun will.

Um vier Uhr sank der Mond, der uns so brav heraufgeleuchtet hatte, hinab hinter der öden, welligen Gipfellandschaft im Westen, und auch Sirius und Orion erbleichten über der apulischen Ebene. Aber der kalte Wind trieb uns wieder in die Hütte zurück. Donato, nachdem er die letzten Wacholderzweige in den Ofen geschoben,

hielt sitzend ein kleines Schläfchen. Ich aber nahm die Karte vor und las noch einmal meine Notizen aus einem italienischen geographischen Werk über die Majella nach. Danach konnte man vom Monte Amaro — so heißt die höchste Spitze — bei gutem Wetter sehen: die Adria von Ancona bis zum Gárgano, die Küste von Dalmatien, die Capitanata mit ihrer Hauptstadt Foggia, die kampanische Ebene mit dem Vesuv, die römische Kampagna mit der Kuppel von S. Pietro, außerdem fünf größere Städte: Aquila, Sulmona, Chieti, Lanciano und Vasto. Ich war also außerordentlich gespannt.

Als ich jedoch gegen fünf Uhr von neuem, dem Wind trotzend, den Gipfel betrat, grüßten mich im Wiederschein der Morgenröte in der Nähe zwar alle die wohlbekannten Abruzzenberge — triumphierend tauchten zuerst die wilden Ketten, die den Kessel von Sulmona einschließen, aus dem nächtlichen Dunkel auf —, aber schon um die nahe Gran Sasso-Gruppe lagerten böse Wolken und über dem Adriatischen Meer wogte ein zweites Meer von Nebeln.

Unbegreiflich! Freilich waren am Abend zuvor schon dicke Schwaden von Nordost vor dem Morrone durch das Tal von Caramánico heraufgezogen, und in dem Valle della Femmina morta, wo sonst fast immer wilde Stürme tobten, war es verdächtig still gewesen. Aber der Nordwind? Hatte sich in den letzten heißen Wochen über dem Meer allzu viel Feuchtigkeit angesammelt, die nun der Nordost herüber trieb? Oder herrschte der nördliche Wind nur in den oberen Regionen, etwa bis 1500 m herab, während unten der Gegenwind, der Libeccio aus Afrika, das Regiment hatte? So schien es. Aber das widersprach den elementarsten Sätzen der Meteorologie, wonach immer der leichtere Äquatorialstrom oben, der schwerere Polarstrom unten zieht. Im Westen und Süden war noch alles rein. Ich erkläre mir das Rätsel so: auf dem Meer im Osten hatte der obere Passat über den unteren die Herrschaft gewonnen, zu Lande, im Westen und Süden noch nicht, oder wenigstens ging der Äquatorialstrom da noch so hoch, daß er die tief unter ihm liegenden Erdstriche dem Polarstrom und damit unseren Blicken freiließ.

Kurz, ich machte hier, wie auch später bei meiner Gran Sassotour, die Erfahrung, daß der Herbst, der uns in den Alpen am sichersten schönes Wetter und weite Fernsichten beschert, für Besteigungen in den Abruzzen weniger geeignet ist als die eigentlichen Sommermonate Juli und August.

Immerhin waren es herrliche Augenblicke, als die Sonne mit ähnlicher Pracht, wie sie uns gestern verlassen hatte, am anderen Himmelsende aus dem wellenden Nebelmeer sich emporrang. Und

wenn ich auch selbst durchs Glas weder die dalmatinische Küste, noch die Kuppel der Peterskirche zu erkennen vermochte, so tröstete mich darüber die Nahsicht in dieses Gewirr von wildzerrissenen Kämmen und blühenden Tälern, besonders der Blick auf die nördlich dem Monte Amaro vorgelagerte Majelletta. Das öde Felsental Cannello mit zahlreichen großen Dolinen trennte ihre vielzackigen Gipfel von unserm nur wenige Meter höheren Standpunkt.

Den Rückweg nahmen wir südlich vom „Lago“ über den Colle di Femmina morta. Alle Blumen waren auf dem öden Kalkgestein verdorrt, nur ein paar Edelweiß, wiewohl spärlich und dürftig, konnte ich pflücken. Wir passierten eine wenig bedeutende Höhle (Grotta Canosa) und einen steinernen Ringwall. Mein Führer betrachtete ihn nachdenklich und erzählte mir dann: „In diesen Mauern hatte der „Capitano“ vor 32 Jahren (im Sommer 1872) sein Zelt befestigt, als er hier mit fünf Soldaten seine Messungen anstellte und seine Karte zeichnete. 45 Tage ist er hier gewesen, dann siedelte er um und spannte sein Zelt für einige Wochen auf dem Gipfel auf. Ich brachte ihm jeden Tag aus dem Tal, was er brauchte. O, er hatte mich so lieb, der gute Hauptmann (mi voleva tanto bene, il bravo capitano)“.

Es gehört schon Passion dazu, Monate fern von aller Kultur, beinahe 2800 m hoch zu hausen, Regen, Sturm und Sonnenbrand unbarmherzig überliefert. Die Frucht der Ausdauer des „braven Kapitäns“ in dieser Kalksteinöde genießen wir sybaritischen Bergsteiger jetzt noch nach mehr denn dreißig Jahren in den vorzüglichen Generalstabskarten, die hier oben in der Bergeinsamkeit damals entstanden sind.

Um neun Uhr morgens zogen wir wieder instazio der vier Hirten ein. Hier pflog ich zwischen Buchenlaub und Schaffellen ein wenig der Ruhe. Die Fülle der Eindrücke, die an mir seit gestern mittag vorübergezogen waren und mich noch erregten — Bergfieber möchte ich's nennen — ließ mich keinen Schlaf finden. So betrachtete ich von meinem Balkenlager noch einmal die armselige Hütte, in der vier Menschen wohnten. In der langen Folge menschlicher Behausungen nahm sie eine sehr niedere Stufe ein, war wirklich von der Tonne des Diogenes nicht allzuweit entfernt. Und doch hatten die rauhen, anspruchslosen Gesellen alles, was sie brauchten. In die mörtellosen Mauern waren überall kurze Stöcke eingefügt, woran Kleidungsstücke, Melkgefäße, Rucksäcke, Körbe hingen. Den Sonntagsstaat, wohl auch ihre kleine Kasse, hielt eine Truhe verwahrt, die zugleich als Sitz diente. Endlich blieb mein Blick auf einem

Pulverhorn haften mit Metallverschluß an grünem Band, wie es im 18. Jahrhundert gebräuchlich war. Eine ganz altmodische Flinte, die in einer Ecke lehnte, hätte ich gleichfalls eher in einem Armee-Museum gesucht als hier. „Gehen die Hirten auch auf die Jagd, wohl auf die Adlerjagd?“ Sancho Pansas Ebenbild belehrte mich zunächst, das Horn enthalte kein Pulver, sondern Öl für ihre Brotsuppe. „Und wozu braucht Ihr die Flinte?“ „Gegen die Wölfe.“ „Des Nachts?“ „O, die kommen auch am Tage.“ Ich bat ihn, mir die Schießvorrichtung dieses altertümlichen Mordgewehres zu zeigen. Der Dicke schloß die Truhe auf, nahm einen Lederbeutel heraus und öffnete ihn, alles sehr bedachtsam. „Sehen Sie, hier haben wir das Pulver.“ Er schüttete davon ein wenig in den Lauf, stieß mit dem Ladestock einen Pfropfen Watte hinein, ließ ein Stück gehacktes Blei hineinfallen und schob vorsichtig einen zweiten Wattepfropfen hinein. Dann spannte er den Hahn und setzte ein Zündhütchen auf den Stecher. „Wollen Sie mal schießen?“ „Um Gottes willen. Lieber lasse ich mich vom Wolf in die Waden beißen!“ Lächelnd nahm der Hirt das Zündhütchen ab und stellte seinen Vorderlader wieder in die Ecke.

In der Hürde draußen wurden drei Pferde mit trockenem Schafdünger (abruzzesisch: fumèro-concime) beladen, den man zusammenkehrte und dann in Säcke schaufelte. Der einzige Nutzen, den die tausend Schafe für den Rest ihres Sommeraufenthaltes dem Besitzer — im buchstäblichen Sinne des Wortes — abwerfen. Ich bemerkte einen großen eisernen Kübel, worin noch bis vor wenigen Tagen der Käse „gekocht“ worden war. Die Pferde hatten Brot, Holz und Wasser heraufgebracht.

Das kleine Trinkgeld, das ich diesen einfachen biederen Naturmenschen für ihre Gastfreundschaft bot, nahmen sie nur nach langem Zureden, erst als ich ihnen klar machte, daß sie dafür Pulver und Tabak kaufen könnten. Sancho Pansa drückte mir zum Dank zähnefletschend mit seiner Bärentatze nochmals die Hand so kräftig, als wollte er sein stärkstes Schaf melken.

Um elf Uhr brach ich mit Donato in südlicher Richtung nach der Tavola rotonda (2400 m) auf. Wir gingen nun den ganzen Damm ab bis zum Paßweg, der vom Campe di Giove ins Aventino-Tal hinüberführt und die Majella von dem Monte Porrara (2136 m) trennt. Vom Monte Porarra auf unserer Karte wußte Donato nichts, er nannte ihn Paradino.

Eine lange Wanderung, aber trotz der Septembermittagshitze in dieser luftigen Höhe nicht zu heiß und verschönt durch beständige

Ausblicke zuerst nach Norden in die weite Ebene von Sulmona, dann nach Osten und Süden ins Gebiet der alten Frentaner und in das samnitische Bergland. Wie romantisch diese alten Felsenstädtchen: Torricella Peligua, Montenero rotondo, Capracotta, wie mannigfaltig die Gruppierung von Berg und Tal, Wald und Weide! Tief zu Füßen noch das alles, auch die 1883 m hohe Secinegruppe mit ihren vielgestaltigen, aus grünen Buchenforsten und Matten herauswachsenden Kalkklippen — ein kleiner fränkischer Jura.

Einen geologisch wichtigen Punkt passierten wir, bald nachdem wir den einsamen Rundkessel der Alm zur toten Frau hinter uns hatten: La Sfischia (abruzzesisch = taglio naturale), die „Spalte". Einem Botaniker oder Geologen, der traumverloren auf dieser Hochfläche herumwandeln wollte, könnte es leicht widerfahren, daß er plötzlich fünfzehn Meter tief in diese Kluft fällt. In der Tat ist der $1^1/_2$ bis 3 m breite Spalt schwer zu bemerken, erst in einer Entfernung von etwa fünf Schritten, da die beiden Teile, die wohl ein Erdbeben auseinandergerissen hat, in senkrechten Wänden gegenüberstehen, die Höhe der Oberfläche aber ganz die gleiche geblieben ist. Wie künstlich eingeschnitten. So erinnerte mich diese Naturerscheinung ein wenig an die Gräben der altgriechischen Festung Euryelos bei Syrakus. Ich stieg hinab und fand noch eine Menge Ewigschnee im Grund, daneben aus den Felsen herausblühend eine kleine, weiße Labiate mit filigranfeinen Blättchen, die hier in beständiger Kühle beinahe ohne alle Sonne gedieh.

Bald unter dem oben erwähnten Paß, dem Vado di Coccia (1650 m), tritt man in einen alten, schönen Buchenwald ein. Noch 200 Meter abwärts, da zwingt uns die Madonna abbandonata zu kurzer, letzter Rast. Die „verlassene Madonna" ist die Ruine einer Eremitenwohnung. Aus dem Fußboden der Zelle ist ein jetzt wohl schon vierzig Jahre zählender Buchenstamm herausgewachsen. Auch in der anstoßenden Kapelle hat sich ein junger Baum angesiedelt und reckt seine Blätter durch das offene Dach. Nur das schöne Portal und die vier Mauern der Kapelle ragen noch. Von der Rückwand, da wo einst der Altar stand, schaut das nicht unedle Bild einer Mutter Gottes nieder, die ihr nacktes Kind zärtlich im Arm hält. Der Stuck hat Schnee, Regen und Wind über ein Menschenalter merkwürdig gut widerstanden. Durch das schwankende Gezweig glänzten in herbstlicher Klarheit die nördlichen Berge herüber. Über uns, ganz nahe drohte der wilde Nordabsturz des Porrara. Die schöne Einsamkeit dieser Waldkapelle 1450 m hoch über dem Getriebe der mühebeladenen Menschen, wahrlich, ein erlesenes Fleckchen für den, der mit der

Welt abgeschlossen hat und nur noch seine Bußglocke morgens und abends läuten will!

Als wir aus dem Wald traten und nun wie der Esel, wenn's zum Stall geht, mit schnelleren Schritten dem Dörfchen zustrebten, klang aus dem Talgrund Herdenläuten herauf. Donato hielt an und lauschte: „Ich glaube, das sind meine Kühe“. Ich lauschte mit und betrachtete dabei den zufriedenen, fast zärtlichen Zug im Gesicht meines Führers. „Ja, ja, es sind meine“, wiederholte er mit leuchtenden Augen. „Wieviel Vieh habt Ihr denn?“ „Nur wenig, zwei Kühe und ein Kalb.“ Freilich wenig für einen, der den Höhepunkt seiner Kraft hinter sich hat und dem täglich sechs Weiber um die Schüssel hocken.

Eine Stunde später saß ich in der Schänke von Campodi Giove mit Donato Palumbo beim Abschiedstrunk. Da kam ganz verstohlen eine reizende, etwa dreijährige Blondine hereingeschlüpft mit großen, rehbraunen Augen. Sie zupfte Donato am Ärmel und wies auf den vor ihm stehenden Wein. Er hielt ihr das Glas an den Mund, und sie schlürfte behaglich die ihr so selten gewährte Gabe. „Eure Tochter?“ „La quindicesima“, antwortete Donato mit Nachdruck, indem er den Kopf in die Höhe warf. „Die Fünfzehnte!“ Ich freute mich aufrichtig des lieblichen, munteren Kindes, dachte im stillen aber doch: Wie gut, daß er die Fehlgeburten mitzählt ...

Und dann schlüpfte sie ebenso verstohlen hinaus. Wie ein Sonnenstrahl, der kommt und wieder verschwindet.





Eine neue Methode zum Photographieren der kleinen Planeten

hat Herr J. H. Metcalf in Taunton (Mass.) vorgeschlagen und bereits mehrfach mit Erfolg angewandt. Bisher sind die wenigen Astronomen, die in die Fußtapfen von Wolf in Heidelberg traten, auch seiner Methode, Asteroiden zu suchen, gefolgt. Sie richteten das Leitfernrohr des photographischen Refraktors während der Expositionsdauer unbeweglich auf einen Fixstern, und folgten diesem, indem sie mit dem Feinbewegungsschlüssel Fehler in der Bewegung des Uhrwerks verbesserten, während etwa 2 Stunden. Auf der Platte des photographischen Rohres bildeten sich dann die Sterne als Punkte ab, während ein kleiner Planet einen Strich zog, dessen Länge und Richtung die Größe seiner Bewegung während der Expositionszeit und ihren Positionswinkel angaben. Der Entdeckung sehr schwacher Asteroiden war aber durch die Lichtstärke des Fernrohrs eine Grenze gesetzt, die nicht wie bei Fixsternen durch beliebige Verlängerung der Expositionszeit ausgeglichen werden konnte. Bei Fixsternen fällt das Licht stets auf dieselbe Stelle der Platte, und auch die schwächsten Lichteindrücke können dadurch zur Aufnahme gebracht werden, daß man sie einfach genügend lange diese Stelle belichten läßt. Da der Asteroid sein Bild infolge der Bewegung stets auf andre Punkte wirft, so würde eine Verlängerung der Expositionszeit das Bild nur länger, nicht aber heller machen. Bei dem 12-Zöller, den Metcalf ursprünglich nach der alten Methode anwandte, hatte das Bild der schwächsten Sterne, die er noch erhielt, 4—5″ im Durchmesser. Durch diese Strecke bewegt sich ein kleiner Planet in etwa 10^m. Ein noch schwächerer Asteroid, der in diesen 10^m noch keinen Lichteindruck auf die Platte hervorgerufen hat, wird ihn also auch bei noch so langer Exposition nie machen können.

Bei der Photographie von Kometen hat man längst das Fadenkreuz des Leitfernrohrs auf den Kometenkern gehalten; dadurch wird der photographischen Platte dieselbe Bewegung gegen die Sterne erteilt wie

dem Kometen; die Fixsterne erscheinen als Striche, der Kern des Kometen als scharfer Punkt; und nur so ist es möglich, das feine Schweiflicht des Kometen stets auf dieselbe Stelle der Platte fallen zu lassen und ein getreues Bild von ihm zu bekommen. Diesen Vorgang wendet nun Metcalf auch für die Aufnahme der Asteroiden an. Hier aber ergibt sich die doppelte Schwierigkeit, daß der zu entdeckende Asteroid nicht im Leitfernrohr gesehen werden kann und auch seine Bewegung unbekannt ist. Für letztere läßt sich allerdings ein Näherungswert angeben, wenn man aus den stündlichen Bewegungen der bekannten Asteroiden, wie sie das Berliner Jahrbuch in seinen Oppositionsephemeriden für die betreffende Gegend angibt, ein Mittel nimmt. Ein solcher mittlerer Planet würde sich in der Ekliptik mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit bewegen. Die einzelnen Planeten weichen von diesen ab, einmal infolge ihrer verschiedenen Distanz und der Bahnexzentrizität, dann aber auch wegen der Neigung ihrer Bahnen gegen die Ekliptik; letztere sind bekanntlich meist klein. Wenn nun Metcalf seinem Fernrohr eine Bewegung erteilt, die der mittleren Bewegung der betreffenden Gegend entspricht, so wird auf der Platte ein Asteroid, der diese Bewegung sehr nahe besitzt, als Punkt erscheinen, die Sterne aber als Striche; Planeten mit stark abweichender Bewegung kommen als ganz kleine Striche, deren Richtung die ihrer Abweichung anzeigt. Jedenfalls wird im einen Falle vollständig, im anderen weit länger das Licht auf dieselbe Stelle der Platte geworfen, als es sonst der Fall wäre, und sonach können schwächere Planeten photographiert werden. Metcalf berechnet den Gewinn auf zwei Größenklassen.



Fig. 1.

Die Bewegung erteilt er seinem Fernrohr in folgender Weise: Der Stundenfaden des Mikrometers am Leitfernrohre wird, nachdem wie gewöhnlich die Richtung der täglichen Bewegung bestimmt ist, durch Drehung um den entsprechenden Winkel der Ekliptik parallel gestellt und das Fadenkreuz auf einen Leitstern gebracht. Dann beginnt die Aufnahme. Nach jeder Minute verstellt nun Metcalf die Mikrometer-

schraube um soviel nach Westen, als der Bewegung des Durchschnittsplaneten in einer Zeitminute parallel zur Ekliptik entspricht, und bringt mit den Schlüsseln den Leitstern wieder auf das Fadenkreuz. Dies wird 35^m lang fortgesetzt und dann die Klappe des photographischen Fernrohrs geschlossen. Hierauf wird das Fadenkreuz um etwa 30″ in gleicher Richtung verstellt, und dann eine zweite Aufnahme von 35^m Zeit genau wie die erste gemacht. Von den Sternen werden dadurch 2×35 Einzelbilder erhalten, von denen jedes eine Minute hin durch exponiert ist. Dieselben liegen aber in gerader Linie so aneinander, daß sie zwei zusammenhängende Striche darstellen. Ein Durchschnittsplanet ergibt zwei scharfe Punkte, deren Ausdehnung in der Längsrichtung der Sternstriche nur $^1/_{35}$ von jenen, also nicht merkbar ist. Anormale Planeten geben zwei kleine, meist anders gerichtete Striche.

Wie scharf die Bilder der Asteroiden sind und wie gut sie daher vermessen werden können, ergibt die Reproduktion dreier Metcalfschen Aufnahmen in Fig. 1, wo die beiden Pfeilspitzen auf die Planetenörter hinweisen. Die oberste stellt eine Aufnahme des Planeten Thetis dar, der 10,6. Größe ist. Die zweite ist die Platte, auf welcher am 22. März 1906 ein Asteroid 13. Größe entdeckt wurde, auf der dritten hat sich der Planet 1905 SH erstmals aufgezeichnet. Er ist 13,5. Größe und hat die ungewöhnlich starke Bewegung von 6′ in Breite nach Norden; daher erscheint seine Spur als ein kurzer Strich senkrecht zur Richtung der Fixsterne. Die Bahnrechnung ergab für ihn eine Neigung von 25°; es liegt also in der Tat ein extremer Fall vor, bei dem die Methode doch nicht versagt hat. Daß stets 2 Aufnahmen gemacht werden, geschieht, damit nicht die zahlreichen punktförmigen Plattenfehler (vgl. vor allem die zweite Platte) für Asteroiden gehalten werden können. Erst zwei Punkte, deren Abstand dem der Mitte der Fixsternstriche entspricht und deren Verbindungslinie jenen sehr nahe parallel ist, rühren von einem Planeten her. Auch kann nur durch zwei Aufnahmen über das Vorzeichen einer Bewegung in Breite entschieden werden.

Durch Verlängerung der Expositionszeit vermag die Methode nun weit lichtschwächere Körperchen zu entdecken als die frühere. Es wäre interessant, wenn Versuche gemacht würden, bis zu welchen Sternhelligkeiten herab Asteroiden nachzuweisen sind. Namentlich erlaubt die Methode, weiter in das Reich der jupiternahen Mitglieder der Asteroidenzone einzudringen, die wegen ihrer großen Entfernung sehr schwach erscheinen und sich wohl deshalb bis jetzt meist der Entdeckung entzogen haben. R.

Über ein Dilatometerprinzip für Projektion.

In der Sitzung vom 1. Juni 1906 legte Herr U. Behn der Deutschen Physikalischen Gesellschaft ein neues Dilatometerprinzip vor, welches seiner Einfachheit wegen weitgehende Beachtung finden sollte. Ich möchte deshalb aus der nunmehr vorliegenden Veröffentlichung (Verh. d. D. Phys. Ges. 8, 205—208, 1906) die wesentlichsten Punkte hier mitteilen.

Wenn zwei Systeme paralleler Linien mit gleichen Abständen — wir wollen sie die Komponenten nennen — sich schneiden, so liegen ihre Schnittpunkte ebenfalls auf parallelen Geraden gleichen Abstandes. Dieses letztere System von Parallelen wollen wir als die Resultante bezeichnen. Ist der Abstand zwischen den einzelnen Geraden — die „Gitterkonstante" — in beiden Komponenten die gleiche, so halbieren die Geraden der Resultanten den Winkel zwischen den beiden Komponenten. Wenn statt der Geraden dunkle Streifen von merklicher Dicke die Komponente bilden, so werden die Geraden der Resultante zu Streifen größter Helligkeit, zwischen denen in halbem Abstande dann Streifen größter Dunkelheit liegen. Sobald der Winkel φ zwischen den beiden Komponenten geändert wird, ändert sich auch der Streifenabstand — die „Gitterkonstante" — der Resultante. Bezeichnen wir mit φ den spitzen Winkel zwischen den Komponenten, mit c die Gitterkonstante der Komponenten und mit l die der Resultanten, so erhalten wir die Beziehung:

$$\sin\frac{\varphi}{2} = \frac{c}{2l},$$

also:

$$\frac{dl}{d\varphi} = -\frac{l^2 \cos \varphi/_2}{c}.$$

Für kleine Werte von φ geht diese Gleichung über in:

$$\frac{dl}{d\varphi} = -\frac{l^2}{c}.$$

Wenn also der Winkel φ sehr klein ist, so entspricht einer geringen gegenseitigen Neigungsänderung der Komponenten eine bedeutende Änderung der Gitterbreite in der Resultante.

Bei der praktischen Anwendung dieses Prinzips benutzt nun Herr Behn als Komponenten zwei Stücke einer und derselben Rasterplatte, wie solche für die Zwecke der Autotypie im Gebrauch sind. Diese beiden Rasterstückchen werden mit ihren Strichseiten aufeinander gelegt und zwar so, daß die eine Komponente („1") festliegt, während die andere („2") sich vor ihr in ihrer eigenen Ebene drehen kann.

Um ein konkretes Beispiel zu behandeln, wollen wir annehmen, es solle die thermische Ausdehnung eines Stabes nach dem Verfahren des

Herrn Behn demonstriert werden. Zu diesem Zwecke wird „1“ in einen geeigneten Halter eingespannt, und „2“ davor so angeordnet, daß es um eine Achse drehbar ist, welche durch einen Punkt seiner einen Kante, und zwar nahe einem Ende dieser Kante hindurch geht. Nahe dem anderen Ende dieser Kante wird „2“ von dem Ende des Stabes — entweder direkt oder mittelst irgendwelcher Übersetzung — berührt. Eine Verlängerung des Stabes bringt alsdann eine Drehung von „2“ um die oben erwähnte Achse hervor, und gleichzeitig beginnt das „Moiré“ — die Streifen der Resultante — zu wandern. Ein durch den Drehpunkt von „2“ gehender Streifen des Moiré wird sich natürlich nicht bewegen, der nächste dagegen bereits um einen Betrag $\angle l$, der folgende um $2 \angle l$ usw. Man hat hier also eine empfindliche Methode, die Längenänderung des Stabes sichtbar zu machen und messend zu verfolgen, eine Methode, deren Empfindlichkeit sich leicht steigern läßt und der bei der Beobachtung mit Spiegel und Skala erreichbaren unschwer gleichkommen dürfte. Eine Unbequemlichkeit dieser Methode könnte in dem Umstande gefunden werden, daß zwischen der Bewegung der Streifen und der zu messenden Verschiebung bezw. Verlängerung keine Proportionalität besteht. Dieser Nachteil ist jedoch nicht schwerwiegend, denn für die Beziehung zwischen diesen beiden Variabeln kann man leicht eine Tabelle aufstellen.

Mit dieser Nutzbarmachung der wohl vielfach bekannten „Moiréerscheinung“ hat Herr Behn das Rüstzeug der messenden Physik um ein wertvolles Stück bereichert. Mi.

Die Wahrscheinlichkeit einer allmählichen Klima-Änderung,

insbesondere die Annahme, daß Wasserführung und Niederschläge in der gemäßigten und subtropischen Zone einen langsamen Rückgang zeigen, hat Prof. Götz-München schon früher auf Grund historisch-geographischer Forschungen erörtert. Neuerdings*) hat er auch physikalische Gründe dafür beizubringen versucht, daß der heutige Festbodenbewohner über weniger Wasser frei verfügt, als sein Vorgänger vor etlichen Jahrtausenden, ja zum Teil als vor 500 Jahren, vor allem, weil das Wasser in den höhern Bodenlagen langsam schwindet.

Die zur Bekräftigung dieser Anschauung hervorgehobenen Argumente sind jedenfalls beachtenswert und wohl auch für weitere Kreise interessant,

*) Götz: Fortschreitende Änderung der Bodendurchfeuchtung. Meteorolog. Zeitschrift 23. S. 14.

wenngleich nicht vergessen werden darf, daß eine ganz einwandfreie und zahlenmäßige Beweisführung nicht möglich ist. Auch fehlt es nicht an gewichtigen Stimmen, die jede Klima-Änderung innerhalb historischer Zeiten leugnen.

Von den Vorgängen, welche ein beschleunigtes Tiefersinken des Niederschlags und damit eine Verminderung der Feuchtigkeit der obern Bodenschichten bedingt haben, ist zunächst die nach Hunderttausenden von Quadratkilometer zu zählende Einschränkung der Waldfläche zu nennen. Nicht nur in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung ist eine solche Entforstung erfolgt; ein Sinken der obern Baumgrenze seit etlichen Jahrhunderten konnte in den Alpen, auf dem Balkan, der Tatra und im schottischen Hochland nachgewiesen werden. Dazu kommt als zweiter belangreicher Faktor die Verringerung der Gesamtfläche von Wasser, da zahllose Seen seit dem Diluvium kleiner geworden oder ganz verschwunden sind und ungeheure Sumpfsee- und Moorflächen entwässert sind. Dadurch wird das Sickerwasser, welches vordem dem Boden der Umgebung in so weitreichender Menge zukam, ganz wesentlich vermindert. Auch wird aus allen Sumpfflächen, welche man durch Ableitungsgräben und -kanäle zu nutzbarem Areal umschuf, das stets neu herzudringende Wasser wesentlich rascher zum Meere geführt, als es vordem möglich war.

Als sehr wirksam für die Wasserverminderung des Festbodens hält Götz den Umstand, daß die Verwitterung des Bodens durch eindringendes Wasser, Frost, scharfe Temperaturkontraste immer weitere Fortschritte macht. Jede Mehrung des Verwitterungsbodens dient zu einer vermehrten Aufspeicherung des Wassers in dieser Schicht. Durch die vielen Spältchen und kleinen Risse der Gesteinsmassen verteilt sich das einsickernde Wasser in einem größern Volumen der Erdlagen als früher, so daß sich eine größere Menge desselben unterhalb der Oberflächenschicht bewegt. Götz glaubt daher, daß allmählich ein Tiefersinken des Sicker- und Grundwassers stattfindet und daß hierdurch die oberste Verwitterungsschicht im allgemeinen an Durchfeuchtung einbüßt. Eine weitere Folge ist, daß in die Luft eine geringere Menge von Wasser dunstförmig entweichen kann, als dies vor etlichen Jahrtausenden der Fall war; der Wasserdampfgehalt der Luft muß also abnehmen. Als Wirkung der so geänderten Luftfeuchtigkeit wird — wenigstens außerhalb des Tropengürtels — eine wenn auch sehr mäßige Verstärkung der Temperaturgegensätze der Jahreszeiten und zwischen Tag und Nacht sowie eine Abnahme der Gesamtmenge der Niederschläge gegen früher erwartet.

Sg.

———*———



Jahrbuch der Naturwissenschaften 1905—1906. Enthaltend die hervorragendsten Fortschritte auf den Gebieten: Physik; Chemie und chemische Technologie; Astronomie und mathematische Geographie; Meteorologie und physikalische Geographie; Zoologie; Botanik; Mineralogie und Geologie; Forst- und Landwirtschaft; Anthropologie; Ethnologie und Urgeschichte; Gesundheitspflege; Medizin und Physiologie; Länder- und Völkerkunde; angewandte Mechanik; Industrie und industrielle Technik. Einundzwanzigster Jahrgang. Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von **Dr. Max Wildermann.** Mit 22 in den Text gedruckten Abbildungen, groß 8⁰ (XII u. 250 S.). Freiburg i. B., Herdersche Buchhandlung, 1906. — Preis M. 6.—; gebunden in Leinwand M. 7.—.

Mit großem Fleiß und mit großer Umsicht haben der Herausgeber und sein Stab die wissenswerten Fortschritte auf den im Titel genannten Gebieten zusammengetragen, welche das letzte Jahr aufzuweisen hat. Diese Arbeit verdient die höchste Anerkennung, denn nicht nur die Auswahl des Stoffes erfordert neben vielem Fleiß eine bedeutende Fachkenntnis, sondern auch die Darstellung stellt große Anforderungen an den Bearbeiter. Muß doch mit einem Leserkreise gerechnet werden, dem — zum weitaus größeren Teile wenigstens — eine fachmännische Vorbildung abgeht. Die Behandlung des reichen Stoffes ist aber durchweg derart, daß jeder Leser aus dem Buche Belehrung und reichen Nutzen ziehen wird. Herrn Wildermann und seiner Mitarbeiterschar, gleichwie der Verlagshandlung, gebührt herzlicher Dank für dieses Buch. Mi.

Dr. B. Donath. Die Grundlagen der Farbenphotographie. — 166 S. 8⁰. Mit 35 eingedruckten Abbildungen und einer farbigen Ausschlagtafel. — „Die Wissenschaft“ Heft 14. — Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1906. — Preis M. 5.—, gebunden M. 5.80.

Entsprechend dem der ganzen Sammlung zugrunde gelegten Programm hat der Verfasser in dem vorliegenden Buche eine Zusammenstellung der Prinzipien der verschiedenen farbenphotographischen Verfahren gegeben, welche auch dem nicht fachwissenschaftlich Gebildeten die Möglichkeit bietet, sich ein Bild der Sachlage zu schaffen. In dem Buche wird dann weiter auseinandergesetzt, welche praktischen Erfolge die Farbenphotographie bisher zu verzeichnen hat, und nach welchen Richtungen eine Weiterentwickelung anzustreben und zu erwarten ist. Da es sich nicht um ein „Handbuch der praktischen Farbenphotographie“ handelt, so sind Rezepte und praktische Winke nur da mitgeteilt, wo sie für das Verständnis des Zusammenhanges erforderlich sind. Mit besonderem Nachdruck ist der Unterschied zwischen

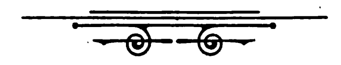
additiver und subtraktiver Synthese der Farben behandelt, ein Punkt, über den noch vielfach Unklarheit herrscht. Daß die Darstellung durchweg eine überaus klare und verständliche ist, bedarf im Hinblick auf die Person des Verfassers nicht besonderer Erwähnung. Die Ausstattung ist gleich musterhaft wie in den früher erschienenen Heften der Sammlung. Mi.

Erich Ebstein, Aus G. C. Lichtenbergs Correspondenz. VI 8. + 107 S. Mit Tafel- und Textabbildungen. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1905/6. Mk. 2,40.

Erfreulicherweise hat in den letzten Jahren die Beschäftigung mit den Werken und der Persönlichkeit Georg Christoph Lichtenbergs mehr und mehr an Umfang gewonnen. Vor nicht langer Zeit erschien eine dreibändige Ausgabe seiner Briefe, besorgt von A. Leitzmann und C. Schüddekopf. Zu dieser Ausgabe bildet der vorliegende Band eine höchst willkommene Ergänzung, wenn auch sein Inhalt an und für sich nicht sonderlich geeignet erscheinen möchte, ein Bild Lichtenbergs zu geben. Wir müssen Herrn Ebstein für diesen neuen Beitrag zu dem Gesamtbild des Göttinger Gelehrten herzlich dankbar sein. Mi.

Victor Cherbuliez, „Die Kunst und die Natur.“ Uebersetzt (sic!) von H. Weber, Sprachlehrer. I. Band. Lex. 8. 125 S. Ascona, Carl von Schmidtz, 1905. Mk. 2,35.

Der im Jahre 1899 verstorbene Victor Cherbuliez gehört unstreitig zu den vielseitigsten und geistvollsten französischen Schriftstellern seiner Zeit. Wenn dieser Mann in ausführlicher Weise das Verhältnis zwischen Kunst und Natur behandelt, so muß ein Werk entstehen, welches in weitesten Kreisen Interesse erweckt. Mit Freuden ist daher der Plan zu begrüßen, das Buch durch eine deutsche Übersetzung auch solchen Kreisen zugänglich zu machen, welche das Französische nicht vollkommen beherrschen. Weniger vermag mich indessen die Art der Ausführung dieses Planes zu befriedigen. Schon der deutsche Titel — auf dem Umschlage steht gar: „Die Kunst und Die Natur“ — erscheint mir anfechtbar. Im fünften Kapitel heißt es: „Was wir von einem Uebersetzer (warum nicht Übersetzer? D. Ref.) vor allem verlangen, das ist: sich so vom Wesen des Originals durchdringen zu lassen, daß er ohne Anstrengung uns dasselbe zum Gefühle bringe.“ Ich glaube kaum, daß diese deutsche Übersetzung geeignet sein dürfte, uns die Eleganz des Originals zum Gefühle zu bringen. „O, was ist die deutsch Sprak für ein arm Sprak! für ein plump Sprak!“ Die Lektüre dieses ersten Bandes der deutschen Ausgabe hat in mir den Wunsch rege werden lassen, die folgenden Bände — im Urtext zu lesen. Mi.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Betrachtungen über Bewegungsgeschwindigkeiten.

Von Professor **Wilhelm Foerster** in Charlottenburg-Westend.

I. Die Bewegungsgeschwindigkeiten im Himmelsraum.

Die Bewegungsgeschwindigkeiten innerhalb unseres Planetensystems liegen bei den Planeten zwischen 5 und 60 km in der Sekunde (nämlich beim Neptun 5, beim Merkur in seiner größten Sonnennähe nahezu 60 km). Dagegen können die Kometen in solchen langgestreckt elliptischen Bahnen, die nahezu parabolisch sind, bei größter Annäherung an die Sonne, Geschwindigkeiten erreichen, die mehrere hundert Kilometer in der Sekunde betragen, aber dann nach dem sehr schnellen Durchgang durch die Sonnennähe bald wieder abnehmen. In einem Abstande von der Sonne, gleich dem mittleren Abstande der Erde von derselben, betragen die Geschwindigkeiten der Kometen nahezu 42 km, während die mittlere Geschwindigkeit der Erde selber nahe 30 km in der Sekunde beträgt. Der Mond bewegt sich um die Erde mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1 km in der Sekunde.

Alle diese Bewegungen erfolgen in krummlinigen, die meisten sogar in nahezu geschlossen, in sich wiederkehrenden Bahnformen elliptischen Grundcharakters. Ähnliche Periodizitäten der Bewegung haben wir auch in den engeren Systemen von zwei oder mehreren Sonnen, die uns als Fixsterne erscheinen, kennen gelernt, nämlich bei den Doppelsternen und den Systemen von drei und mehr Stern-Sonnen.

Vom Ende des 17. Jahrhunderts ab war man aber schon darauf aufmerksam geworden, daß die Fixsterne fortschreitende Bewegungen zeigten, die zunächst als Bogen-Elemente größten Kreises an der

Himmelsfläche erkennbar wurden. Eine in großer Ferne geradlinig und gleichmäßig erfolgende Bewegung mußte sich als eine in gleichen Zeiten um nahezu gleiche Bogenstücke vorrückende Ortsveränderung in einem und demselben größten Kreise der sphärisch erscheinenden Himmelsfläche darstellen.

Wenn z. B. diese Ortsveränderung am Himmel nahezu zwei Jahrhunderte hindurch gleichmäßig in jedem Jahr etwa 6 Bogensekunden betrug, so konnte daraus geschlossen werden, daß der Stern sich im Himmelsraume mit einer nahezu gleichmäßigen Geschwindigkeit und Richtung fortbewegte, und zwar mit einer Geschwindigkeit, deren Komponente rechtwinklig zur Gesichtslinie dasselbe Verhältnis zu dem Abstand des Sterns von uns hatte, wie ein Kreisbogen von 6 Sekunden zum Radius des Kreises.

Allmählich lernte man nun im 19. Jahrhundert die Abstände einiger der helleren oder der stärker bewegten Sterne von uns dadurch kennen, daß die alljährlich hin- und hergehenden Ortsveränderungen am Himmel meßbar wurden, welche diese Sterne durch unsere jährliche Bewegung um die Sonne scheinbar erfuhren. Wenn sich auf diese Weise ergab, daß die halbe große Achse der Erdbahn von dem Stern aus unter einem Winkel von einer Sekunde erschien, so folgte daraus, daß diese Dimension der Erdbahn (eine sogenannte Sonnenweite) sich zu dem Abstand des Sternes von uns ebenso verhielt, wie ein Kreisbogen von 1 Sekunde zum Radius des Kreises, daß mithin 6 Sekunden Ortsveränderung des Sternes im Bogen größten Kreises auf eine Bewegungsstärke von 6 Sonnenweiten rechtwinklig zur Gesichtslinie während eines Jahres hindeuteten. Ein solches Jahrespensum bedeutet aber eine Geschwindigkeit von nahezu 30 km in der Sekunde.

Wenn jedoch die Winkelgröße, unter welcher eine Sonnenweite von dem Sterne aus erscheint, nach dem Zeugnis der feinsten Messungen seiner jährlich hin- und hergehenden Ortsveränderung kleiner ist als $^1/_{20}$ der Sekunde, so muß die Geschwindigkeit, infolge deren er jährlich um 6 Bogensekunden am Himmel fortrückt, mindestens 20 mal 30, also 600 km in der Zeitsekunde betragen.

Durch Messungsergebnisse solcher Art, die in neuester Zeit auch noch durch spektrographische Geschwindigkeitsbestimmungen vervollständigt und ihrer Größenordnung nach im ganzen und großen bestätigt worden sind, wissen wir jetzt, daß es im fernen Himmelsraume Sterne (also Sonnen und wahrscheinlich zugleich Kernpunkte von Planetensystemen) gibt, welche seit mindestens $1^1/_2$ Jahrhunderten in gleichmäßiger Richtung, ohne merklich störende Beein-

flussungen, mit gleichmäßigen Geschwindigkeiten von mehreren hundert Kilometern in der Zeitsekunde einherfliegen.

Ob dies nur ganz besondere Ausnahmefälle sind, oder ob nicht vielleicht auch der Schwerpunkt unseres Planetensystems, gemeinsam mit der uns zunächst umgebenden Sternenwelt, mit einer ähnlichen Geschwindigkeit wandert, wir wissen es noch nicht. Wir wissen einstweilen nur, daß wir innerhalb der uns umgebenden nächsten Sterngruppen etwa mit der Geschwindigkeit von 20 km in der Sekunde nach dem Sternbilde des Herkules gegenwärtig hinstreben.

Welche Kraft-Quellen und welche gewaltigen Schleuderkräfte sind am Ursprung jener mächtigen Bewegungserscheinungen in Wirksamkeit? Mit Wirkungen von Massen-Anziehungen haben diese offenbar gar nichts zu tun. Dagegen weisen sie auf das Gebiet der Explosiverscheinungen hin.

Und nun enthüllt uns die Dauer-Photographie in Verbindung mit der vervollkommneten und vervielfältigten Anwendung von Hohlspiegel-Teleskopen immer deutlicher und in immer größerer Zahl rings um uns herum in den fernsten Himmelsräumen kosmische Nebelgebilde, in denen eine spiralförmige Struktur vorwaltet, offenbar ein Zusammenwirken von Schleuderkräften mit Drehwirkungen ähnlicher Art, wie sie in der Kosmogonie der Planetensysteme, aber dort in Verbindung mit den Wirkungen der Massenanziehung, vorausgesetzt werden.

Daß diese spiralförmigen Strukturen in jenen nebularen Entwickelungsstufen jetzt deutlicher und allgemeiner wahrgenommen werden, ist offenbar daraus zu erklären, daß vorher bei der überwiegenden Anwendung mächtigster Linsen-Teleskope die Unvollkommenheiten der Farbenvereinigungen fast nur für die Zusammensetzungen des Sonnen- und des Stern-Lichtes auf ein Minimum gebracht waren, so daß bei dem ganz anders zusammengesetzten Lichte der nebularen Gebilde Reste der Lichtzerstreuungen übrig blieben, welche die Abbildungen der feinsten Strukturlinien jener Gebilde überwallen und fälschen konnten, wogegen die Abbildungen durch Hohlspiegel von solchen Störungen frei sind.

Der Nachweis spiralförmiger Strukturen in den nebularen Gebilden, die unsere Sternwelten weithin umgeben und vielleicht sogar durchdringen, hat dann auch die Blicke geschärft für die Wahrnehmung und Deutung spiraliger Anordnungen in großen Sternhaufen, wie dem sogenannten Andromeda-Nebel, und sogar in weiten Regionen der Milchstraße.

Ebenso dunkel wie die Entstehung der fast geradlinigen und

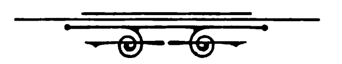
gleichförmigen Bewegungen von sonnenartigen Sternen mit den oben angegebenen großen Geschwindigkeiten sind aber nun die Ursprünge der Kräfte, welche zur Erklärung der kosmischen Entwickelungen von spiralförmigen Strukturen mächtiger Weltgebilde unumgänglich erscheinen.

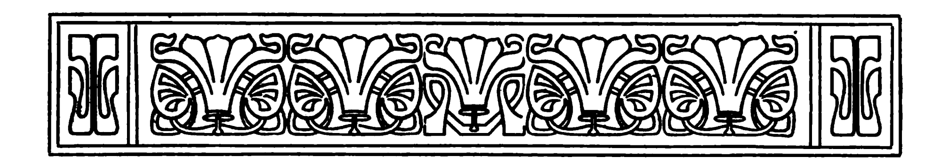
Um welche Geschwindigkeiten und Richtungen es sich bei den zweifellos noch fortgehenden Bewegungen in solchen Systemen handelt, hätten wir durch unsere, früher allein dafür vorhandenen, Winkelmessungen erst nach Jahrhunderten finden können. Jetzt haben wir die Hoffnung, daß die spektrographische Messungstechnik uns auch hierfür allmählich Augenblicksmessungen von Geschwindigkeiten und von den Bewegungsrichtungen in jenen kosmischen Wirbeln bis in die fernsten Himmelsräume liefern wird.

Aus den Tiefen des Mikrokosmos, nämlich der Äther-Systeme und Äther-Bewegungen, kommt uns bereits immer deutlichere Kunde von Emanations- oder Ausschleuderungs-Bewegungen von allerkleinsten Massenelementen mit Geschwindigkeiten, die bis an die Geschwindigkeit des Lichtes, also 300000 km in der Sekunde, hinanreichen. Im Makrokosmos haben wir dafür Geschwindigkeiten von mehreren 100 km, mit denen aber kolossale Massen auch nahezu geradlinig fortgetrieben werden.

Dazwischen waltet die Menschenseele, fast unberührt von den ungeheuren makrokosmischen Rätseln, stärker gefährdet von den mikrokosmischen Gewalten, die sich ihr wie Dämonen zu augenblicklichen schnöden Machtzwecken darbieten. Mit immer tieferer Selbsterkenntnis, trotz vorübergehender Irrungen und Trübungen, ringt sie nach Weltharmonie und nach der Harmonie des Gemeinschaftslebens, unbekümmert um die dunkeln Fernen der Zeit und des Raumes, die den herrlichen Welttag der Menschheit umschließen.

Von den mikrokosmischen Gewalten soll zunächst in einem zweiten kleinen Artikel die Rede sein.





Auge und Sehen im Tierreiche unter besonderer Berücksichtigung der Wirbeltiere.

Von **Dr. V. Franz** in Helgoland.

Obschon nur wenige so gut wie Helmholtz die außerordentlichen Leistungen unseres Auges zu beurteilen wußten, so stammt doch von Helmholtz das bekannte Wort: „wenn ihm ein Mechaniker ein optisches Instrument ablieferte, das die Fehler des Auges hätte, so würde er es ihm mit den härtesten Ausdrücken über die Nachlässigkeit der Arbeit zurückgeben". — Dieses Wort ist nun gewiß nicht unbegründet, es ist vielmehr tief in der Natur begründet. Die Natur schafft eben nichts Vollkommenes; jedes Wesen erlangt im unerbittlichen Kampfe ums Dasein das, was es braucht, aber auch nur so viel und nicht mehr. Jedes Organ ist den Ansprüchen, welche ihm die Lebensweise des Tieres oder der Pflanze stellt, gerade gewachsen; zu höheren Leistungen ist es nicht befähigt. Daher spiegelt sich die ganze Lebeweise in der Gesamtheit der Organe wieder, und die Form der Organe wird durch die Lebensbedingungen bestimmt. Form und Funktion bilden, wie man zu sagen pflegt, eine Gleichung. Dies hat die vergleichende Forschung an vielen Organen der verschiedenen Lebewesen zeigen können, und unter anderem besonders eindringlich an den Augen. Denn das Auge gehört zu den wichtigsten Organen derjenigen Tiere, die es besitzen, und es besteht aus so vielen einzelnen, überall in ihrer eigenen Art ausgebildeten Teilen, daß man es fast als einen Komplex von Organen bezeichnen könnte, wenngleich alle diese Teile nur durch ihr Zusammenwirken die wichtigen Funktionen ausüben können und mithin zu einem Organ höherer Ordnung verbunden sind.

Die Fähigkeit der Lichtempfindung, die sich von einem distinkten Sehen natürlich noch sehr weit unterscheidet, ist im Organismenreiche weit verbreitet, so daß man sie zu den Grundeigenschaften der

lebendigen Substanzen rechnen muß. Sehr viele einzellige Lebewesen reagieren auf Belichtung. Bei manchen, z. B. bei Euglena, einem hart an der Grenze von Tier- und Pflanzenreich stehenden Wesen, ist sogar ein besonderes Organ der Lichtempfindung ausgebildet, nämlich ein farbiger Fleck, und es ist eine Annahme, die auf den englischen Physiker Brewster zurückgehen soll, daß gerade das Pigment vermöge seiner Fähigkeit, gewisse Lichtstrahlen in besonderem Maße zu absorbieren, die Lichtempfindung vermittelt. Lichtsinnesorgane sind namentlich neuerdings durch die bekannten Forschungen Haberlandts auch vielfach im Pflanzenreich und sogar bei hoch entwickelten Pflanzen aufgefunden worden; es sind

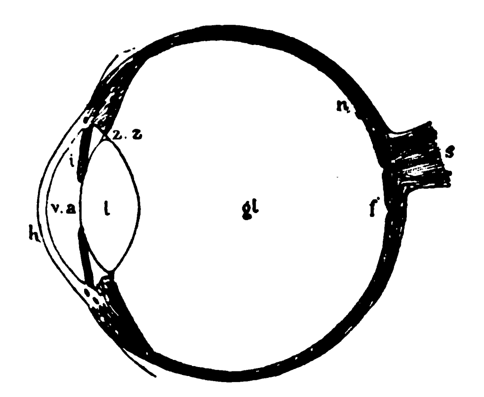


Fig. 1. Auge des Menschen.
(Nach Gegenbaur.)

meist einzelne Zellen der Laubblätter, die, wie sich unter dem Mikroskop und auch mit Hilfe der Photographie erweisen läßt, nach Art von Sammellinsen die auffallenden Lichtstrahlen vereinigen und auf lichtempfindliche Schichten treffen lassen. Je nach der Richtung des Lichteinfalls wird eine langsame Bewegung des Blattstiels ausgelöst, bis die Blattspreite die günstigste Stellung gegen die Lichtstrahlen eingenommen hat. Bei manchen Pflanzen hat man sogar zweizellige, ähnlich wirkende Organe aufgefunden, in denen eine obenauf sitzende, sehr kleine Zelle als Linse fungiert, während eine darunter befindliche größere die lichtempfindliche Substanz enthält. Man hat diese Lichtsinnesorgane mit den sehr ähnlich gebauten Organen vieler niederen Tiere verglichen und sie gleich diesen wohl auch als Ocellen, Photierorgane oder Richtungsaugen bezeichnet. Selbstverständlich drücken diese Namen nicht aus, daß man diese Richtungsaugen mit echten, zum Empfange von Bildern geeigneten

Augen vergleichen wollte, noch etwa gar, daß man die physiologische Lichtempfindung mit der psychologischen Wahrnehmung des Lichts verwechselte.

Echte Augen finden sich nur im Tierreiche, und zwar bei Gliedertieren, Weichtieren und Wirbeltieren.

Eine Sammellinse, selbst der die besten Bilder erzeugende dioptrische Apparat, würde niemals zur Bildung eines Auges ausreichen hierzu ist vor allem ein bildempfangendes Organ nötig. Als ein solches kann eine überall gleichartige Plasmaschicht nicht fungieren, sondern nur eine Netzhaut n (s. Fig. 1), die aus vielen einzelnen lichtempfindlichen Zellen besteht und mithin die einzelnen

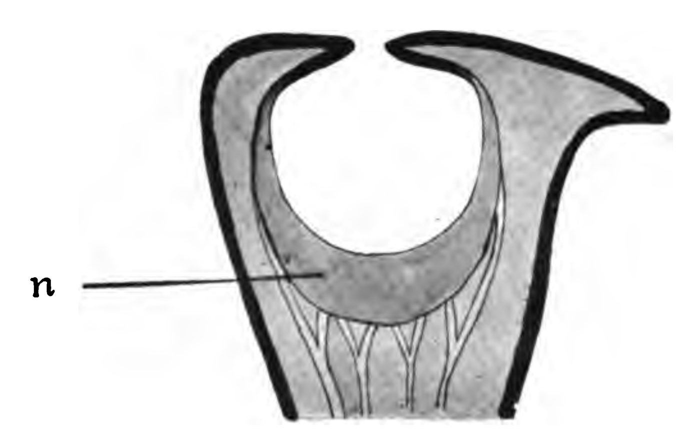


Fig. 2. Auge des Nautilus
(ein dem Tintenfisch ähnliches Weichtier).
(Nach Grenacher.)

Teile des auf ihr entworfenen Bildes gesondert empfängt und die einzelnen Reize durch Nerven gesondert zum Gehirn leitet und zur Empfindung bringt.

Daß die Netzhaut für das Sehen wesentlicher ist als der dioptrische Apparat, kann uns auch das Auge gewisser altertümlicher, tintenfischähnlicher Weichtiere, der Nautiliden, lehren (s. Fig. 2). Bei ihnen besteht das Auge nur aus einer Grube, deren Grund von der Netzhaut (n) eingenommen wird. Die Linse und andere lichtbrechende Körper fehlen. Es mag etwa nach Art jener primitiven Camera obscura wirken, die man sich herstellen kann, indem man an Stelle der Objektivlinse nur ein kleines Loch in der Vorderwand der Kammer offen läßt.

Je feiner die Netzhaut der Tiere gebaut ist, um so besser ist das Sehvermögen. Man darf hierbei allerdings eines nicht vergessen.

Die lichtempfindenden Elemente der Netzhaut sind beim Menschen und überhaupt bei den Wirbeltieren bekanntlich die Stäbchen und Zapfen. Aber es wäre irrtümlich, anzunehmen, daß die Sehschärfe unmittelbar durch die Zahl dieser Stäbchen und Zapfen auf der Flächeneinheit der Netzhaut gegeben sei. Sehr häufig werden vielmehr die Lichtreize einer ganzen Anzahl von solchen Lichtperzeptoren auf eine einzige Nervenfaser vereinigt und mithin als einheitlicher Reiz zum Gehirn geleitet. Bezeichnen wir einen Netzhautbezirk, dessen Lichtperzeptoren nur mit einer Nervenfaser in Verbindung stehen, als einen „Innervationsbezirk", so müssen wir sagen, nicht die Feinheit im Aufbau der Stäbchen- und Zapfenschicht, sondern die Feinheit der Netzhautinnervationsbezirke ist maßgebend für die Schärfe des Sehens.

Interessant ist es nun zu konstatieren, wie groß oder vielmehr wie klein diese Netzhautinnervationsbezirke bei verschiedenen Tieren sind, und zu versuchen, den hieraus erschlossenen Grad der Sehschärfe aus der Lebensweise der Tiere zu verstehen. Viele Angaben liegen hierüber allerdings noch nicht vor. Vom Menschen weiß man, daß die Größe der Innervationskreise in der Netzhautregion des schärfsten Sehens (nach verschiedenen Messungen) etwa 20 bis 110 μ^2 beträgt, in den weniger scharf sehenden peripheren Teilen etwa 1300 μ^2 (1 μ = 0,001 mm). Von Tieren sind bisher nur sehr wenige Zahlenwerte ermittelt worden. Zum erstenmal hat Pütter bei einer großen Gruppe von Tieren vergleichende Forschungen in dieser Richtung angestellt, und zwar bei den Wassersäugetieren (vorwiegend Robben und Walen). Er fand durchgehends sehr große Werte für die Größe der Innervationskreise, nämlich 9710 μ^2 (bei der Elefantenrobbe), bis 76920 μ^2 (beim Finnwal). Bei diesen Tieren wird also von einem auch nur einigermaßen distinkten Sehen nicht gut die Rede sein können. Gleichwohl sind solche Augen keineswegs wertlos für ihre Besitzer. Denn eine ganze Reihe von Gründen, mathematische Erwägungen sowie physiologische Experimente am Menschen und biologische Beobachtungen an Tieren, sprechen durchaus dafür, daß unscharf sehende Augen verhältnismäßig scharf Bewegungen zu erkennen vermögen. Bei schwachen Beleuchtungen aber gewinnt, wie Pütter wohl mit Recht annimmt, das Sehen von Bewegungen ungleich größere Bedeutung als das Sehen feiner Formen; und vorwiegend in schwachen Beleuchtungen, nämlich unter dem Wasser, leben ja namentlich die Wale, deren Netzhaut nach Pütter noch besser als die der Robben als „Bewegungssinnesorgan" ausgebildet ist. Ähnlich wie Pütter die Wassersäugetiere, hat der Verfasser die Knorpelfische

(Haie und Rochen) untersucht. Es ergab sich hierbei, daß bei den tagesmunteren Arten die Sehschärfe am größten ist, während die in großen Tiefen hausenden Tiere die geringste Sehschärfe besitzen. Beim Sternhai, einem Tagtiere, beträgt die Größe der Innervationskreise in verschiedenen Netzhautbezirken nur 110 bis 200 μ^2, bei dem Tiefseefisch Chimaera monstrosa, dem entgegengesetzten Extrem, 1700 bis 3400 μ^2. Je größer die Meerestiefe, um so geringer ist also die Sehschärfe. Augenscheinlich hat in größeren, dunkleren Tiefen eine erhebliche Distinktion des Sehens nur verhältnismäßig geringen Wert.

Es wäre übrigens irrtümlich, anzunehmen, daß die Sehschärfe in allen Teilen der Netzhaut gleich groß sei. Bekannt ist ja, daß beim Menschen eine etwa im Netzhautzentrum befindliche Stelle des schärfsten Sehens, der „Gelbe Fleck“ oder die „Fovea centralis“ ausgebildet ist (s. Fig. 1 f.). In diesem Bezirk geht von jedem lichtempfindlichen Element — es finden sich hier nur Zapfen und keine Stäbchen — eine Nervenfaser zum Gehirn hier findet also die größtmögliche Isolation der einzelnen Lichtreize und die distinkteste Empfindung statt. Messungen haben gezeigt, daß man irgendwelche Einzelheiten von Gegenständen dann gesondert mit dem Auge zu erkennen vermag, wenn das Netzhautbild groß genug ist, um jene Einzelheiten noch auf verschiedene Zapfen entfallen zu lassen. Hier in diesem gelben Fleck finden sich die kleinsten Innervationsbezirke, die man kennen gelernt hat; ihre Größe wurde oben angegeben. Ähnliche eng umschriebene Stellen des schärfsten Sehens finden sich bei manchen Tieren, wenngleich sie nicht gerade sehr verbreitet sind. Viele Vögel haben zwei solche in jedem Auge, eine „Fovea centralis“ und eine „Fovea externa“. Erstere dient dem einäugigen, letztere dem zweiäugigen Sehen dieser Tiere mit stark seitwärts gerichteten Augen. Leicht kann man beobachten, wie ein Vogel ein Futterkörnchen, bevor er es pickt, abwechselnd geradeaus, also mit beiden Augen, und von der Seite, monoculär, anblickt. Sehr ähnliche Bezirke des schärfsten Sehens, sogenannte „Areae“, die von jenen „Foveae“ nur durch ihren mikroskopischen Bau unterschieden sind, fand namentlich Chievitz bei einer Anzahl Säugetiere. In manchen Fällen ist die Region des schärfsten Sehens streifenförmig gefunden worden. Bei den Knorpelfischen konnte der Verfasser eine durch Kleinheit der Innervationsbezirke und durch den zum Empfangen scharfer Bilder einzig geeigneten Abstand von der Linse ausgezeichnete Region des schärfsten Sehens nachweisen. Sie nimmt hier den ganzen horizontalen Meridian des Auges ein. Diese Lage und Form derselben erklärt sich

aus den Lebensbedingungen: bei allen Tieren, denen überhaupt eine Region des schärfsten Sehens zukommt, ist nämlich diese Region hauptsächlich in der Richtung ausgedehnt, welche der größten Ausdehnung des Blickfeldes entspricht. Beim Menschen ist sie ein Oval mit horizontalem, größtem Durchmesser, und auch in der übrigen Netzhaut sind Gebiete gleicher Sehschärfe durch konzentrische, horizontale Ellipsen bestimmt, entsprechend der hauptsächlich horizontalen Blickrichtung des Menschen. Horizontal liegen die Areae der Säugetiere, und bei den Fischen, deren Kopf fast unbeweglich am Körper sitzt, darf man sich nicht wundern, eine den ganzen horizontalen Meridian des Auges einnehmende Region des schärfsten Sehens zu finden. Nur beim Delphin, der ja als ein luftatmendes Säugetier an die Nähe der Meeresoberfläche gebunden ist, so daß sein Gesichtsfeld hauptsächlich vertikal ausgedehnt sein wird, findet Pütter eine vertikale, streifenförmige Area.

Neuerdings hat Chun auch Areae in Augen von tiefseebewohnenden Tintenfischen gefunden, und Hess findet bei ähnlichen Flachseetieren streifenförmige Netzhautgebiete mit besonders dicht stehenden Elementen der Lichtempfindung. Zweifellos sind dies Stellen des besten Sehens. Es fragt sich aber, ob hier die Schärfe des Sehens eine besonders große ist, oder ob vielleicht eine andere Funktion, nämlich der Lichtsinn, die Stärke der Helligkeitsempfindung hier besonders entwickelt ist. Die dicht stehenden, lichtempfindenden Elemente ermöglichen nämlich an sich noch keine besondere Sehschärfe, wie oben auseinandergesetzt wurde. Je dichter der Augengrund mit lichtempfindenden Elementen besät ist, um so stärker ist jedoch zweifellos die Lichtempfindlichkeit. Es wird eben durch die Größenzahl der Elemente eine größere Summierung der Reize bewirkt, wie wir mit Pütter annehmen. Dem entsprechen sicher erwiesene Tatsachen. Pütter fand unter den Walen die meisten Elemente auf gleichem Flächenraum bei demjenigen, der am tiefsten taucht, beim Dögling (Hyperoodon). Der Verfasser konnte ferner bei den Knorpelfischen zeigen, daß die am wenigsten dicht stehenden Stäbchen und Zapfen sich bei den Arten finden, die in den größten Helligkeiten zu sehen gewohnt sind, während bei den Bewohnern der Tiefsee der Augengrund am dichtesten mit solchen besät ist. So finden wir bei Rochen, deren Gesichtsfeld, da sie Bodentiere sind, hauptsächlich oben liegt und mithin verhältnismäßig stark erleuchtet ist, im Augengrunde 10800 Netzhautelemente auf 1 mm^2, bei Taghaien (Dornhai, Acanthius) 24000, bei Tiefseefischen aber (Schwarzhai, Spinax) bis 132000. Die Stärke des Lichtsinnes nimmt hier übrigens, nach der

Verteilung der Stäbchen und Zapfen zu urteilen, gleich der Sehschärfe von der Region des schärfsten Sehens aus peripheriewärts ab.

Es sei hier der „Facettenaugen" der Krebse und Insekten gedacht, jener so außerordentlich interessanten, zusammengesetzten Sehorgane. Jedes Auge besteht hier aus einer häufig sehr großen Anzahl von keilförmigen Einzelaugen oder „Facetten". In jede Facette fällt ein bestimmter, eng umgrenzter Teil des Gesichtsfeldes. Die benachbarte Facette empfängt das benachbarte Bild, so daß die einzelnen Bilder nicht übereinandergreifen und in der Empfindung des Tieres zu einem Bilde, dem sogenannten Appositionsbilde, vereinigt werden. Das ist Johannes Müllers Theorie des „musivischen Sehens", die heute fast allgemein anerkannt wird. Beurteilt man nach der Facettenzahl das Sehvermögen, so ist es interessant, mit Leinemann zu verfolgen, wie unter den Käfern, begreiflicherweise bei den Raubkäfern, das Sehvermögen gut ausgebildet ist, während das der harmlosen Blattkäfer und Rüsselkäfer bei weitem zurücksteht. Bei den Leuchtkäfern vermögen die beweglichen, fliegenden Männchen viel besser zu sehen als die trägen, im Grase sitzenden Weibchen. Erstere haben 2500, letztere nur 300 Facetten im Auge. Zählungen der Facetten hat ferner bei Ameisen Forel in großem Umfange ausgeführt und bei verschiedenen Arten die verschiedensten Zahlen gefunden (1 bis über 1000). Man würde jedoch weit fehl gehen, wenn man auf Grund der ermittelten Zahl der Facetten stets einen direkten Schluß auf die Sehschärfe ziehen wollte. Jede Facette ist ja ein Teilauge für sich, sie enthält selbst eine Anzahl Sehzellen, und dies muß mit bei der Beurteilung des Sehvermögens in Betracht gezogen werden. Denn, wie gelegentlich Purcell für das einer Facette entsprechende Einzelauge der Phalangiden nachwies, entsendet jede Sehzelle eine Nervenfaser zum Gehirn.

Es fehlt hier also noch an der sicheren Grundlage zur Beurteilung der Sehschärfe, und so interessant die Facettenaugen auch an sich in vieler Hinsicht sind, für das hier besprochene Kapitel liefern sie nur wenig Material. Wir können uns daher hier mit diesen wenigen Bemerkungen über dieselben begnügen.

Wenden wir uns daher wiederum den Netzhäuten der anderen, vorher erwähnten Tiere zu, so bedarf noch ein Punkt der Erwähnung: der Unterschied der Stäbchen und Zapfen. Diese Zweiheit der lichtperzipierenden Elemente findet sich nur im Wirbeltierauge. Bei den übrigen Tieren findet sich stets nur eine Art von Sehzellen, die weder mit den Stäbchen noch mit den Zapfen vollkommen gleich gesetzt werden können. In Wirbeltieraugen kommen übrigens außer

Stäbchen und Zapfen noch mitunter andere Gebilde dritter Art vor, so die Doppelzapfen des Frosches und die sogenannten Landoltschen Keulen niederer Wirbeltiere. Die Bedeutung derselben ist unbekannt. Was jedoch die Stäbchen und Zapfen betrifft, so wissen wir bekanntlich, daß jene nur Helligkeitsunterschiede, diese Farbenunterschiede zur Empfindung bringen. Die farbenempfindenden Zapfen fehlen den nächtlichen Tieren entweder gänzlich oder doch vorwiegend, in Übereinstimmung damit, daß im Dunkeln das Farbenspektrum sich verkürzt und die Farbenunterschiede schwinden. Ebenso überwiegen die Stäbchen bei den Wassertieren bei weitem über die Zapfen, da diese Tiere ja auch in verhältnismäßig lichtschwachen Regionen leben.

Wir schließen damit die Besprechung der Netzhaut ab und wenden uns dem anderen hochwichtigen und höchst interessanten Teile des Auges zu, dem dioptrischen Apparat. In ihm hat die Natur ein Meisterstück zustande gebracht, dessen Nachahmung bisher der Erfindungskunst eines Ingenieurs noch nicht gelungen ist.

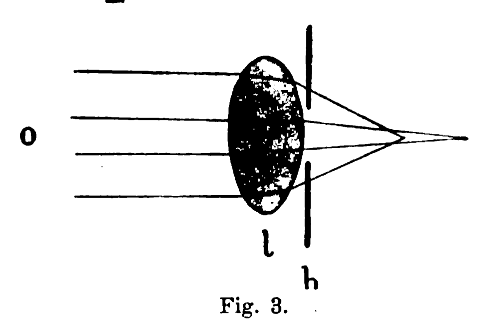


Fig. 3.

Bekanntlich hat sich ja in vielen Fällen gezeigt, daß Erfindungen, die dem Menschengeiste dank der Arbeit vieler Generationen gelangen, schon viel früher in der Natur im Baue der Organismen verwirklicht waren. So sind in der Struktur der Knochen aufs präziseste die Regeln befolgt, welche die technische Mechanik mühsam für ihre Zwecke abgeleitet hat. Grundlegende Erwägungen auf diesem Gebiete stammen schon von Galilei (1564 bis 1642). Ähnliches gilt z. B. vom elastisch-zweckmäßigen Bau der Pflanzenstämme. Eine photographische Camera ist ebenfalls nur ein rohes Abbild des Auges; ein rohes Abbild sage ich, denn die dioptrischen Apparate der Augen sind eben dem des Photographenapparates durch zwei bisher von der Technik noch nicht erreichte Vorzüge weit überlegen: Die Linse ist bei Fischen trotz ihrer vollkommenen Kugelgestalt aplanatisch, und die optische Einstellung der Linse geschieht bei Säugetieren, Vögeln, manchen Amphibien und Reptilien durch Änderung ihres Krümmungsgrades.

Von dem Wert des Aplanatismus der Linse können wir uns leicht eine Vorstellung machen. Die Linsen unserer optischen Instrumente sind nie aplanatisch. Die in der Nähe ihres Zentrums

auf sie treffenden Strahlen werden vielmehr stets näher bei der Linse vereinigt als die, welche die Linse in der Nähe des Linsenrandes passieren. Man pflegt daher die Randstrahlen abzublenden und nur die Zentralstrahlen auszunützen, um einigermaßen scharfe Bilder zu erhalten. Fig. 3 dürfte die Brechung der von o kommenden Lichtstrahlen durch die Glaslinse l und die Abblendung der Randstrahlen durch die Blende b deutlich genug veranschaulichen. Eine völlig scharfe Einstellung kann jedoch auch hierbei nie erzielt werden, denn zwischen Zentralstrahlen und Randstrahlen gibt es keine scharfe Grenze. Die Augenlinse umgeht diese Schwierigkeit, indem der Brechungsindex der Linsensubstanz (ihre „optische Dichte") von innen nach außen zunimmt. Dadurch werden, wie Fig. 4 zeigt, die Zentralstrahlen im selben Punkte vereinigt wie die Randstrahlen; es können mithin bei geeigneter Einstellung scharfe Bilder erzeugt werden. Diese merkwürdige Eigenschaft wurde wenigstens bei der stets kugeligen Fischlinse nachgewiesen. Wir verdanken diese Entdeckung dem Physiker Matthießen. Der Gang seiner Untersuchungen war der analytische. Matthießen fragte sich, welchen Bedingungen die optische Dichte der Linse genügen müsse, wenn sie scharfe Bilder erzeugen solle. Er fand hierfür auf mathematischem Wege ein durch eine Formel — die Gleichung einer Parabel — ausdrückbares Gesetz, nach welchem die optische Dichte von außen nach innen zunehmen muß, damit die Linse aplanatisch werde. Indem Matthießen dann den Brechungsindex der festweichen Linsensubstanz in verschiedenen Schichten der Fischlinse mit dem Abbeschen Refraktometer bestimmte, konnte er nachweisen, daß die Zunahme des Brechungsindex tatsächlich nach dem postulierten Gesetz erfolgt.

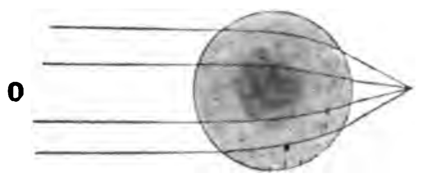


Fig. 4.

Fischlinsen sind also tatsächlich trotz ihrer Kugelgestalt aplanatisch. Sie benötigen daher auch nicht der Abblendung der Randstrahlen. Wo eine solche stattfindet — die Iris ist im Fischauge ebenso wie im menschlichen das Mittel hierzu —, geschieht sie nur, um beim Wechsel der Helligkeiten allzu starken Lichteinfall ins Auge zu vermeiden.

Verweilen wir nunmehr ein wenig bei den Linsen der verschiedenen Tiere, so finden wir nach Messungen, die Matthießen mit dem Helmholtzschen Ophthalmometer anstellte, die flachsten Linsen beim Affen, demnächst beim Menschen. Stärker gewölbt sind die

Linsen vieler anderer Tiere. Mit stärkerer Wölbung geht größere optische Dichte der Linsensubstanz einher. Ein Blick auf das Auge des Menschen (Fig. 1) lehrt übrigens, daß hier wie bei allen Landtieren die Linse l nicht etwa das einzige brechende Medium vorstellt. Es muß vielmehr schon eine Brechung an der Hornhaut h stattfinden, weil diese die vordere Augenkammer (v. a.) begrenzt und deren durchsichtiger Inhalt gleich dem Glaskörper gl ein höheres Brechungsvermögen besitzt als die Luft. Anders ist es im Fischauge (Fig. 5). Hier fällt Hornhautbrechung fast gänzlich fort, da der Inhalt der vorderen Augenkammer etwa dasselbe Brechungsvermögen besitzt wie das Wasser, darin der Fisch lebt. Der Wegfall der Hornhautbrechung wird durch stärkeren Brechungsindex der Linse aufgehoben. Tatsächlich haben alle Fische eine kugelige Linse. Die Kugelgestalt ist das Maximum an Wölbung, was vorkommt und wahrscheinlich aus mechanischen Gründen möglich ist. Denn niemals finden sich noch stärker gewölbte, etwa in achsialer Richtung verlängerte Linsen. Die festweiche Linse ist nämlich stets von einer elastischen Membran umhüllt, die zu einer Minimalfläche, der Kugelfläche, strebt. In Augen, deren Linse flach ist, befindet sich die Linse dadurch im Gleichgewicht, daß sie durch eine peripher ansetzende Zugkraft in Spannung gehalten wird.

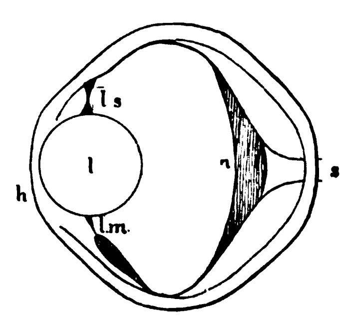


Fig. 5. Auge des Anglers (eines Fisches). (Nach Beer.)

Wie die Fischlinse in bezug auf ihre Wölbung eine Maximalleistung des tierischen Organismus vorstellt, so auch in bezug auf die Brechkraft ihrer Substanz. Wir finden in ihrem Zentrum außerordentlich hohe Werte des Brechungsindex, und diese sind ziemlich konstant (1,5247 bis 1,5396, bezogen auf Luft, nach Matthießen). Sie sind die höchsten Brechungskoeffizienten, die man für Linsensubstanz überhaupt gefunden hat, und, wie ihre Konstanz vermuten läßt, die höchsten, die der tierische Organismus aufzubringen vermag. Wir müssen also die Fischlinse in zweifacher Hinsicht als Maximalleistung des tierischen Organismus auffassen (Verfasser). Eine stärkere Brechung der Strahlen ließe sich zwar auch durch Verkleinerung der Linsen erzielen, denn je kleiner die Linse, um so stärker ist ihre Wölbung. Der Verkleinerung der Linse ist aber eine Grenze gesetzt durch das Lichtbedürfnis der Tiere. Zu kleine Linsen würden zu wenig Lichtstrahlen sammeln können und mithin zum Sehen nicht taugen. Vielmehr ist stets eine

bestimmte, jeweils verschiedene Größe der Linse erforderlich. Nachttiere haben größere Linsen als Tagtiere. Bei Fischen des Meeres ist die Linse — und deshalb das ganze Auge — um so größer, je größer die Meerestiefe, in der die Arten vorkommen. Sehr ähnlich der Fischlinse ist die Linse der Robben und Wale, eine interessante Anpassungserscheinung an ähnliche Lebensbedingungen. Auch andere Wassertiere, Frösche, Schwimmvögel haben kugelige, oder doch stark gewölbte Linsen.

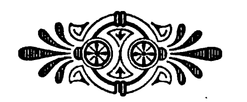
Natürlich muß das Auge beim Sehen auf verschiedene Entfernungen auch in verschiedener Weise eingestellt werden. Hierzu ist ein Einstellungs- oder Akkomodationsapparat erforderlich. Der dem menschlichen Auge zukommende Mechanismus dieser Einstellung und seine Wirkungsweise nach der heute anerkannten Helmholtzschen Theorie wird nach den vorigen Ausführungen leicht zu verstehen sein. Die Linse befindet sich, wie gesagt, in einer gewissen Spannung. Sie strebt infolge der Elastizität ihrer Membran nach Verstärkung der Wölbung, wird aber hieran gehindert, da sie durch die peripher ansetzenden Fasern der sogenannten Zonula Zinnii in Spannung gehalten wird. Am äußeren Ende dieser Zonula Zinnii befindet sich ein ringförmig angeordneter Muskel, der sogenannte Musculus ciliaris, m. c. Verkürzt sich dieser Muskel, verkleinert sich also der von ihm gebildete Ring, so würden die bisher straff gespannten Fasern der Zonula erschlaffen, sofort gibt mithin die Linse in ihrer elastischen Spannung nach und nimmt eine stärkere Wölbung an. Der Mensch akkomodiert also durch Entspannung der Linse, und zwar wird dabei auf die Nähe akkomodiert. Im Ruhezustande des Ciliarmuskels — z. B. beim „Dösen" — sehen wir in die unendliche Ferne. Zum Einstellen des Auges auf die Nähe bedarf es der aktiven Akkomodationsanstrengung.

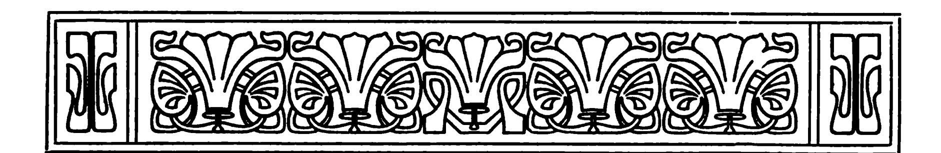
Dieser äußerst ingeniöse Einstellungsapparat des Auges, der seinesgleichen in den Erfindungen der Technik vergebens sucht, ist den Säugetieren und in ähnlicher Form den Vögeln, Reptilien und Amphibien eigen. Im Fischauge ist ein anderer, einfacherer Akkomodationsmodus ausgebildet. Warum diese Verschiedenheit vorhanden ist, werden wir nach den vorangegangenen Ausführungen leicht begreifen. Beers Untersuchungen sind hier maßgebend. Die Fischlinse ist ja schon kugelig, eine Entspannung derselben wäre also gar nicht möglich. Übrigens ist die Fischlinse auch keineswegs in der Weise befestigt, wie die Säugetierlinse. Sie hängt vielmehr (Fig. 5) von oben herab an einem Bande, dem „Ligamentum suspensorium lentis", l. s., und an der gegenüberliegenden Stelle unten befindet sich ein Linsen-

muskel, „Campanula Halleri“, l. m., welcher die Linse nach hinten — gegen die Netzhaut, n, — zu ziehen imstande ist. Es findet dadurch eine aktive Akkomodation auf die Ferne statt; der Fisch ist im Ruhezustande des Linsenmuskels nämlich ganz kurzsichtig. Auch dies ist uns sehr verständlich, denn auch das klarste Wasser ist auf größere Entfernungen undurchsichtig.

Bei wirbellosen Tieren ist nur in wenigen Fällen eine Akkomodation bekannt. Am vollkommensten ist sie bei den Tintenfischen. Der Mechanismus ist hier ein anderer als bei Fischen, kommt aber im Effekt auf dasselbe hinaus, nämlich auf eine aktive Akkomodation auf die Ferne durch Ortsveränderung der kugeligen Linse.

Wir haben damit die für das Sehen wesentlichsten Teile des Auges, stets unter Berücksichtigung ihrer Funktion, erledigt. Die übrigen Bestandteile des Augapfels, die jedes Lehrbuch nennt, die Gefäßhaut, die Sehnenhaut usw., haben mehr die Bedeutung von Hilfsapparaten. Sie fallen daherstrenge genommen nicht unmittelbar unter das Thema „Auge und Sehen“, wenngleich sie indirekt auch für das Sehen von der größten Bedeutung sind und auch an ihnen mancher Beitrag zur Lösung der Gleichung von Form und Funktion geliefert werden könnte.





Das Jubiläum eines Kooges.

Von **Christian Jensen** in Schleswig.

In der weiten Marsch der schleswigschen Westküste reiht sich Koog an Koog. Sie sind alle nacheinander im Laufe der Jahrhunderte durch Erbauung eines Seedeiches dem Überschwemmungsgebiet des Meeres entzogen, das täglich zweimal flutend die Küsten netzt und ebenso oft zur Ebbezeit, die Watten trocken legend, zurückweicht. Erst allmählich hat daher die Festlandsküste ihre jetzige Gestalt erhalten. Noch um 1648 finden wir auf der Strecke von Hoyer bis Husum drei große Buchten: die Wiedaumündung vor Tondern, Bottschlot-Kleisee vor Riesummoor und das sog. Bredstedter Werk vor Bredstedt, während jetzt die Küste zunächst in einer nach Westen ausgebogenen, dann aber in einer fast geraden Linie verläuft. Diese drei Buchten hatten sich allmählich herausgebildet, nachdem es gelungen war, die seit 1436 als umdeichte, etwa 60 Quadratkilometer große Insel Wiedingharde nach Norden hin und mit dem Riesummoor zusammenzudeichen und das Riesummoor durch Eindämmung der Lecker- und der Soholmerau in Deichverbindung mit Ockholm zu bringen, das 1362 bei der Zerstörung Alt-Nordstrands Hallig geworden, aber seit 1550 wie die Wiedingharde von einem Deiche eingefaßt war. Im Süden fanden die vom Festlande aus vordringenden Deichwerke in dem 1612 gewonnenen Hattstedter neuen Kooge eine Stütze, nachdem der Bordelumer-, der Bredstedter- und der Breklumerkoog vorher eingenommen waren. Hier bildet der im vorigen Jahre eingedeichte Cäcilienkoog den erfreulichen Zuwachs zu den von 1742 bis 1800 bedeichten ca. 1750 Hektar, während in der alten Wiedaubucht vor Tondern von 1618 bis 1861 im ganzen 2331 ha dem goldenen Ringe der Deiche eingefügt worden sind. Viel weniger günstig lagen in der mittelsten, vor Riesummoor belegenen, Bucht die Aufschlickungsverhältnisse. Und dennoch sind bereits 200 Jahre verflossen, seitdem einer ihrer besten Köge, der „Neue Christian-Albrechts-Koog“, durch

einen langen Deich eingenommen werden konnte. In der Bucht gab es neben und zwischen fast grundlosen Tiefen eine Reihe von Halligen — nach der „Historischen Karte von Generalmajor Geerz“ die für die Zeit von 1643 bis 1648 redigiert ist, noch 25 — von denen Dagebüll und Galmsbüll die größten waren. Das Riesummoor mit den volkreichen Dörfern Deezbüll, Niebüll, Lindholm und Riesum an seinen Rändern war um 1624 noch so sehr Insel, daß eine schwedische Flotte hier landen konnte*.) Dagebüll hatte, wie das kurz vorher mit Riesummoor verbundene Fahretoft Sommerdeiche. In das Kleisee- und Bottschlottief ergossen sich in vielen Armen die Lecker- und Soholmerau. Kurz vor der verheerenden Flut von 1634 hatten Holländer die Konzession erwirkt zur Ausführung des kühnen Planes, von Süden her das Bottschloter Tief und alle übrigen Tiefen der Bucht durch einen Deich zu überdämmen, der die Halligen Dagebüll und Galmsbüll schneiden und direkt bis zur Wiedingharde führen sollte, um in einer Länge von 15 Kilometern die ganze große Bucht, etwa 15000 Demat (7500 ha), gegen das Meer abzuschließen.**) Im Jahre 1632 waren mehr als 5000 Mann bei dem Werke tätig. Die Überdämmung des Bottschloter Tief gelang bald, nachdem man dort, wie es damals üblich war, Tiefen zu stopfen, einige alte Schiffe versenkt hatte. Auch die Weiterführung des Deiches über Fahretoft bot keine Schwierigkeit. Als man jedoch 1634 zur Verstopfung des Kleiseetiefs zwischen Fahretoft und Dagebüll schritt, ging zwar die Arbeit im Beisein der Herzöge Friedrich und Hans munter fort, aber ein Sturm zwang plötzlich, das ganze Unternehmen mit großen Verlusten aufzugeben.

Die Oktoberflut von 1634 vereitelte es ganz zum Segen des Landes, das jetzt in guter Beschaffenheit die Bucht ausfüllt. Denn die gedachten Inseln der Bucht waren alle noch von großen Schlick- und Wattenpartien umgeben, da auch das Vorland des Gotteskoogsdeiches noch nicht sehr weit in die Bucht hineinreichte. Es sollte sich hier erst, wo es sich um eigentliche Landbildung, um den langsamen Aufbau neuen Landes durch das Meer in einer immer mehr der Strömung entzogenen, sogenannten toten Bucht handelte, die heute noch geübte Weise zur Förderung des Landgewinns bewähren. Die Schlickfänge, d. s. Vorrichtungen zum Festhalten der Sinkstoffe, der landbildenden Bestandteile des Meerwassers, wurden durch Schlagen von Verbindungsdämmen und Lahnungen vermehrt, um einen

*) Dr. L. Meyn, Geognostische Beschreibung der Insel Sylt und ihrer Umgebung. Berlin 1876, Neumannsche Kartenhandlung, Seite 99 (703).

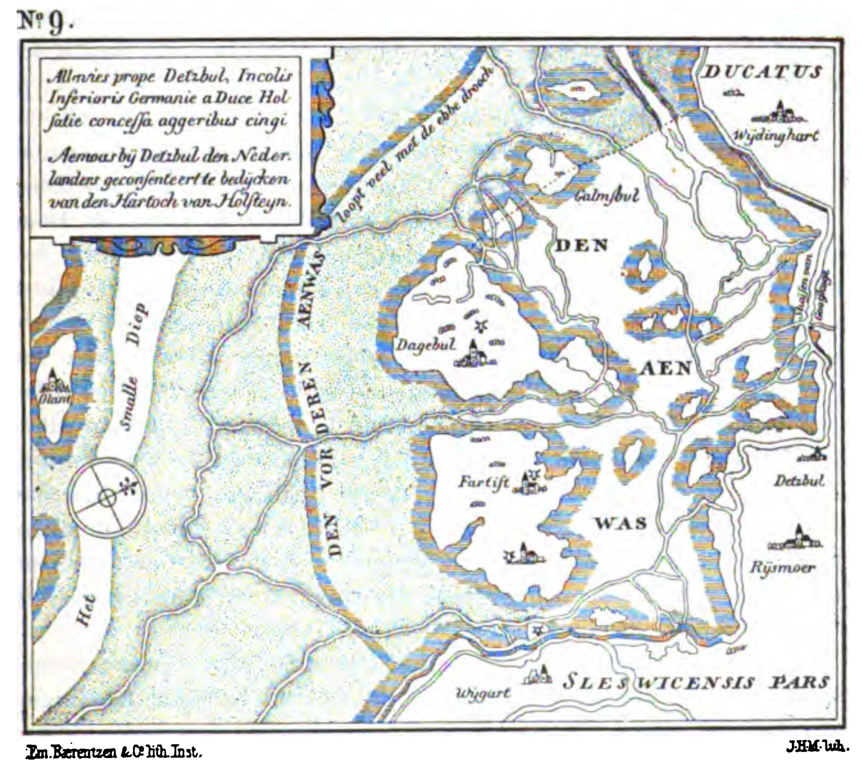
**) Vergleiche: Jensen, Vom Dünenstrand der Nordsee und vom Wattenmeer. Schleswig. Seite 65 ff.

Marschboden zu schaffen, der namentlich in den Christian-Albrechtskögen den besten Eiderstedtschen Kögen an Fruchtbarkeit nicht nachsteht. Deshalb erscheint mir auch das Jubiläum eines dieser Köge bedeutsam genug, einmal das Werden des Landes in der ganzen Bucht darzustellen, ehe ich die Verhältnisse des betreffenden Kooges

CARTON

aus einem im Jahre 1633 bei Henricus Hondius zu Amsterdam erschienenen Kartenwerke.

No 9.



Em. Bærentzen & Co lith. Inst. J.H.M. lith.

Dieser Carton ist der Schrift „Über Marschbildung an der Westküste des Herzogtums Schleswig etc.“ von Arthur Grafen zu Reventlow, Kiel 1863, entnommen.

erörtere, der jetzt im Sommerkleide inmitten seiner Umgebung die altberühmte Fruchtbarkeit aufzeigt. An dem benachbarten Gotteskoog sowohl als an dem Maasbüller Koog, der 1641 durch Aufführung des $5^1/_2$ Kilometer langen Deiches von Riesummoor nach Fahretoft eingenommen wurde, ehe das meiste seiner ca. 1500 ha großen Fläche deichreif war, sieht man, daß der voreilige Abschluß gegen das Meer

nachteilig genug sein kann. Andererseits nahm nach dem Scheitern des großen Unternehmens der Holländer das Vorland vor dem Gotteskooge, wo man durch Verbindungsdämme zwischen den Halligen der Bucht, durch Lahnungen etc. den Anwachs förderte, so zu, daß von 1682 bis 84 der 2735 Demat (1 Demat = $^1/_2$ ha) große (Alte) Christian-Albrechtskoog eingenommen werden konnte. Die unter dem 2. Oktober 1681 durch Herzog Christian Albrecht auf Gottorp erteilte Oktroi dieses Kooges wurde unterm 5. November 1703 auch auf den neuen übertragen. Sie enthält in 15 verschiedenen Abschnitten die den Interessenten und Partizipanten und ihren Erben und Nachkommen „festiglich" erteilten Zusagen und Versprechungen, aus denen ich einzelne hervorhebe:

„Wir Christian Albrecht etc.

1. Zedieren und überlassen demnach den jetzigen Interessenten und Partizipanten, welche diesen neuen Koog eindeichen, ihren Erben und Nachkommen all das Land und die Halligen, so zwischen Deezbüll und Wiedingharde Amts Tondern gelegen, zu ihrem Erb- und wahren Eigentum also und dergestalt, daß sie und ein jeder für seinen Anteil mit dem, was eingedeicht wird, gleich anderen mit ihren eigenen Allodialgütern, ohne unser und der Unsrigen, auch aller anderen Ansprüche und Einrede mögen schalten und walten, dasselbe verkaufen, verpfänden, verschenken, davon testieren, legieren und sonst in Allem nach Belieben wie Rechtens damit handeln und umgehen und zwar ohne Abgift einiger Zehnten oder anderer Auflage, wenn einer derselben wollte verreisen und sich anderswo, auch außerhalb dieser Fürstentümer niederlassen, gestalt denn die Distinktio, ob die Güter da gewonnen oder erworben oder hineingebracht, gänzlich zessiert und aufgehoben ist.

2. Sollen hierunter mit begriffen seyn alle jetzt angewachsenen oder inskünftig anwachsenden aussentheichs bleibenden Ländereien und Halligen ohne Unterschied, welche den Partizipienten, deren Erben und Nachkommen gleichfalls erb- und eigentümlich gelassen werden, also daß sie unter gleicher Oktroi und Freiheit nach ihrem Belieben und guter Gelegenheit, wenn sie am diensamsten finden, dieselben eindeichen mögen, jedoch daß bis dahin für deren Genuß an unsere Kammer jährlich auf Martini 500 M. Lübsch sollen entrichtet und bezahlet werden. (Die Abgabe wurde 1683 erlassen.)

4. Sollen von Zeit solcher Eindeichung die Partizipanten, ihre Erben und Nachkommen die eingedeichten Ländereien gleich den nordstrandischen Partizipanten frei und frank ohne einige Abgift und Auflage genießen und besitzen 14 Jahre, welche ihren Anfang nehmen, wenn

alles zu Stande gebracht und der Deich vollkommen verfertigt. Nach verflossenen solchen Freiheitsjahren aber soll von jedem Demat genießbar Land der Tondernschen Amtsmaasse nach, die Teiche, Wege, Stege, Sielen, Schleusen und Gruben, welche darunter nicht zu rechnen, ausgenommen, einen halben Reichstaler von guter, grober, gangbarer Münze gegeben und an unsere fürstliche Kammer allemal auf Martini eingebracht werden, wobei wir ihnen gnädigst versprechen, daß sie überdem mit keiner weiteren Kontribution, Donativ, Fräuleinsteuer, ordinären und extraordinären Auf- und Anlagen, sie haben Namen, wie sie wollen, keine ausbeschieden, Einquartierungen und sonsten sowohl in Kriegs- als Friedenszeiten von uns und durch unsere Verordnungen jemahlen sollen beschweret und beleget und weder in jetziger noch in künftiger Zeit unter Pflugzahl angeschlagen und berechnet werden.

7. Soll weder in Zeit dieser Bedeichung noch nach derselben dieses Land mit keiner Pacht beleget, sondern die Interessenten sowohl in als nach der Bedeichung Materialien und Viktualien aufs füglichste und bequemste von Ort und Enden, woher es ihnen beliebet und am besten tunlich, frei herbeischaffen mögen, ohne Abstattung einiger Zoll und Lizenten.

8. Soll in der Zeit der 14 freien Jahre das Vieh, Korn, Getreide und dgl., so der liebe Gott in diesem Koog bescheeren wird, frei ohne Zoll und Lizenten oder andere Auflagen abgeschifft, und was zum Behufe dieses Kooges wieder anhero geholt werden muß, frei eingebracht werden.

10. Soll den Partizipanten, ihren Erben und Nachkommen vergönnt sein, Wind- und Roßmühlen außer, auf und binnen der Dikage zu setzen und den Genuß davon zu ziehen mit freiem Mahlen, Brauen, Backen, Herbergen, Stallen, als auch andere Handwerke, Kaufmannschaft und Nahrung ohne einige Imposten und Entgeld zu treiben.

11. Ingleichen soll denjenigen, welche in solchem eingedeichten Kooge 70 Demat Land haben und besitzen, die freie Jagd und Fischerei sowohl in als außer Deiches, auch das jus patronatus, wann eine Kirche daselbst aufzubauen, ingleichen dasjenige, so in dem 15. Art. von Polizei und Anderem enthalten, vergönnt, die Übrigen aber, welche obgedachte Zahl von 70 Demat nicht haben, sollen davon ausgeschlossen seyn und sich dessen in keinerlei Wege anmaßen, hingegen dasjenige, das von den Anderen hierunter wird geordiniert werden, ohne Weiteres folgen und denselben schuldige Parition leisten."

Die übrigen Sätze der Oktroi enthalten Bestimmungen über die Größe des Kooges, die Entnahme der Deicherde, die Wasserlösung und Abwässerung des benachbarten Gotteskoogs, den Landbesitz bei Ein-

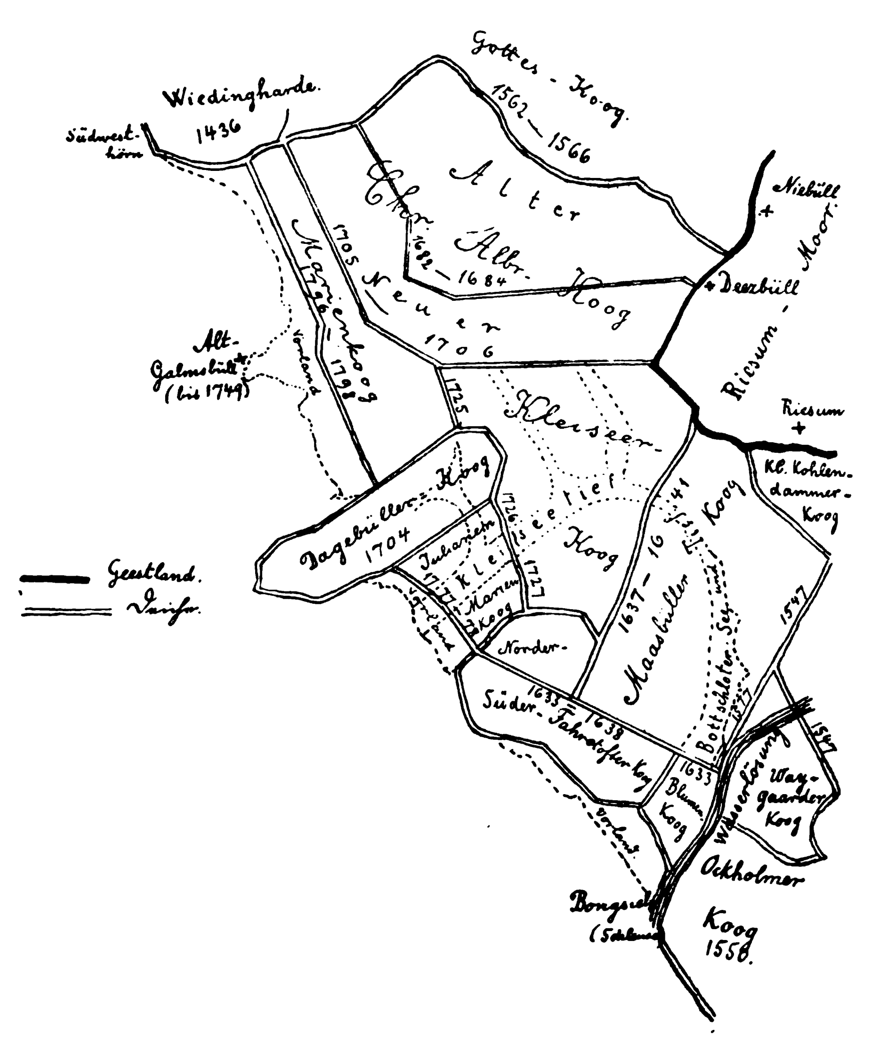
bruch des Deiches durch die Flut, die zum Deichwerk aufgenommenen Gelder, welche vor allen anderen privilegiert sind, Verteilung des Landes und des Deiches zwischen Horsbüll, Böckingharde und Karrharde und Unterhaltung des neuen „Haffdeichs“, wenn der alte zum Mitteldeich geworden ist.*)

Die im Jahre 1705 in Angriff genommene Deicharbeit konnte erst 1706 vollendet werden, da eine Deichstrecke von 9 Kilometern zu bewältigen war, die an einzelnen Stellen nicht geringe Schwierigkeiten bot. Der Deich erstreckt sich von Emmelsbüll (Süderdeich, Dreihardereck) zunächst südlich bis Feddershafen ($3^1/_2$ km), dann $1^1/_2$ km südöstlich und zuletzt 4 km östlich bis zu den Moorhäusern bei Deezbüll. Der 2078 Demat große Koog ist durch den Deich von dem Marienkoog und dem Kleiseerkoog geschieden. Um 1700 gelang es den Inseln Fahretoft und Dagebüll, ihre Sommerdeiche (Deiche, die hoch genug waren, um vor Überschwemmung durch Sommerfluten zu schützen) in Seedeiche zu verwandeln, und nach der Eindeichung des neuen Christian-Albrechts-Kooges fuhr man fort, durch Überdämmung der zwischen den einzelnen Halligen befindlichen Ströme den Anwachs zu befördern. Zwischen den Halligen Teffkebüll und Galmsbüll, Tadensmede und Galmsbüll erbaute man Dämme, wie jetzt zwischen Oland und Langeneß. Daher konnte 1725 Dagebüll dem Christian-Albrechts-Koog angeschlossen werden. Zwischen Dagebüll und Fahretoft aber war die 8 m tiefe und 40 m breite Kleiseetiefe zu überwinden. Dies Werk gelang 1726 und 27 und machte Dagebüll landfest — der Kleiseerkoog, 2365 Demat groß, südlich vom Christian-Albrechts-Koog war damit gewonnen — und fünfzig Jahre später wurde vor ihm — 609 Demat groß — der Julianen-Marienkoog eingenommen. Endlich erhielt 1798 auch der 1346 Demat große Marienkoog, der einen Teil der Ländereien enthält, die von Galmsbüll aus durch Verbindungsdämme gewonnen und westlich vom neuen Christian-Albrechts-Kooge belegen sind, einen Seedeich. Der letzte der bisher vorhandenen Köge der Bucht war damit dem Festlandskörper eingefügt — im Laufe

*) Im übrigen galt früher als Grundgesetz der Marschdeiche das Spade-Landesrecht, das König Christian III. 1552 als allgemeines Deichrecht für alle Marschländer an der Nordsee von der Eider bis an die jütische Küste ergehen ließ, nachdem es schon früher den einzelnen Landrechten, z. B. dem Nordstrandischen Landrecht, das in den vier friesischen Harden des Amts Tondern galt, beigefügt war, wie es die Hardesräte beschlossen hatten. In den Jahren 1800 und 1803 wurden dann „Deichordnungen“ erlassen, denen am 12. März 1805 das Reglement für den I. Schleswigschen Deichband folgte, zu dem die Marschen und Köge des Kreises Tondern gehören. Alle diese Verordnungen und das Patent über die Aufbringung der Abgaben für den Deichband vom 21. April 1808 haben noch jetzt Geltung.

von 164 Jahren waren seit dem Scheitern des Planes der Holländer 14694 Demat schönes Marschland dem Überschwemmungsgebiet des Meeres entzogen.

Unter diesen gesegneten Gefilden gelten die Christian-Albrechts-



Die landerfüllte Bucht vor Riesummoor 1906. Chr. Jensen.

Köge als die ertragreichsten. Wie alle Köge sind sie von geraden Wegen, die teils als Chaussee ausgebaut wurden, durchschnitten. Die einzelnen Parzellen, Fennen genannt, haben deshalb vorwiegend rechteckige Gestalt. Die als Grenzscheide ausgehobenen Gräben enthalten, wenn nicht der

Sommer gar zu trocken wird, meist das ganze Jahr klares Wasser, das im Sommer vom weißblühenden Hahnenfuß, von Tannenwedeln, Wassersternen etc. fast ganz bedeckt erscheint, während an beiden Wegseiten buntbemalte Heckpforten die Zugänge zu den Fennen bilden, an denen der Besitzer des Grundstückes zu erkennen ist. Zur Entwässerung ist der ganze Koog von einem breiteren Graben, dem Sielzuge, durchzogen, der bei einer Schleuse ins Meer mündet. Jede einzelne Fenne wird selbständig als Grasland oder als Pflugland benutzt. „Eine schlagmäßige Feldgraswirtschaft ist den Marschen fremd. Nach einer unbestimmten, oft sehr langen Reihe von Baujahren wird Pflugland auf ebenso unbestimmte, oft noch längere Zeit in Gras niedergelegt und ebenso umgekehrt Grasland zum Ackerbau aufgebrochen.“ (Prof. Hanßen, Journal f. Landwirtschaft. 26. Jahrg. S. 333.) Der Boden der Christian-Albrechts-Köge kann beispielsweise lange zum Ackerbau benutzt werden, ohne einen Nachlaß in seiner Produktivität zu zeigen, während andere Marschgegenden, wie etwa die Wiedingharde oder der Geestboden, häufiger starker Düngung bedürfen, um gute Erträge zu liefern. Hohe Getreidepreise führen gewöhnlich dazu, das Land unter den Pflug zu nehmen oder es ihm zu lassen; hohe Fettviehpreise machen die Grasung, sonderlich die Ochsengrasung, rentabler und beschränken den Ackerbau. „Die Weide der schweren Marsch,“ sagt mit Recht Professor Hanßen, „gewinnt im Gegensatze zu der Dreesch der Koppelwirtschaft auf der Geest von Jahr zu Jahr an Güte. Eine fünfzigjährige Weide ist mehr wert als eine zwanzigjährige, eine hundertjährige mehr als eine fünfzigjährige. Mittelst der Grasfennen kapitalisiert man gleichsam die Zinsen und Zinseszinsen in aller Bequemlichkeit, mittelst der Ackerfennen konserviert man nur mit großer Anstrengung das Bodenkapital oder greift es sogar an. Durch den Aufbruch einer guten, alten Grasfenne erzielt man eine Reihe von Jahren enorme Ernteerträge, macht aber damit gewissermaßen einen Teil des Bodenkapitals flüssig.“

Von den 135 Demat Land eines Hofes im Alten Christian-Albrechts-Kooge lagen 1835 75 Demat als Pflugland. Davon wurden jährlich 5 Demat mit etwa 400 Fudern bedüngt. 3 Pflüge waren in Gebrauch, 10 Pferde wurden zum Ackerbau gehalten. Die Brache erforderte die meiste Arbeit. Man erntete aber auch von $1^1/_2$ Kannen (1 Kanne = 2,16 Liter) 10 Tonnen (1 Tonne = 1,4 hl) Rapssaat pro Demat. Die Fruchtfolge war entweder: Brache, Rapssaat, Wintergerste, Weizen, Bohnen, Weizen, Bohnen oder Rapssaat, Wintergerste, Sommergerste, Hafer, Bohnen, Weizen, Bohnen, Weizen. Bei 5 bis 6 Schipp (1 Schipp = 17,3 Liter) Aussaat ergab Gerste etwa 16 bis 20 Tonnen, Weizen 10 Tonnen, Bohnen 10 bis 12 Tonnen als Ernteertrag.

Die damals zur Gräsung bestimmten Ochsen stammten meist aus Jütland. Ein drei- bis vierjähriger Ochse konnte auf einem Demat Weideland fettgegräst werden. Die Pacht für ein Demat Weideland betrug 10 Reichstaler im Durchschnitt. Die fetten Tiere wurden nach Flensburg oder Hamburg verkauft, wohin allwöchentlich von Mittsommer an ein Transport abging. Die besten Kühe lieferten 12 bis 13 Kannen Milch à 1,8 l. Der Wollertrag eines Marschschafes war ca. 5 Pfund. Zur Grasung wurden 6 Stück auf 1 Demat gerechnet; doch wurden sie zu Pfingsten auf die Fettweiden mitverteilt, etwa 1 Schaf auf 2 Demat der Fläche, die als Ochsenweide beschlagen war. Viele Schafe wollen die Landbesitzer nicht auf dem Grase haben, da das Schaf zuzeiten den Halm mit der Wurzel herauszieht und in feuchter Zeit die Grasnarbe zertritt. In der Gegenwart nimmt bei den hohen Viehpreisen die Gräsung immer mehr zu, da ein gutes Grasgeld erzielt wird. Die verbesserte Zucht der letzten Jahrzehnte hat sonderlich in den Christian-Albrechts-Kögen wahre Prachtexemplare von Rindern geliefert, die auf den landwirtschaftlichen Ausstellungen mit den höchsten Preisen ausgezeichnet sind. Im Neuen Christian-Albrechts-Kooge wurden am 1. Dezember 1902 unter 39 Häusern 35 Vieh besitzende Haushaltungen gezählt. Es waren vorhanden 76 Pferde, 428 Rinder, 1280 Schafe, 49 Schweine, 14 Bienenstöcke. Beide Christian-Albrechts-Köge hatten am 1. Dezember 1905: 1122 Stück Rindvieh.

Auf dem Pfluglande dieser Köge sind jetzt Weizen und Hafer die Hauptfrucht. Doch haben die landwirtschaftlichen Maschinen, die in letzter Zeit allgemein in Gebrauch gekommen sind, namentlich den herrschenden Erntebräuchen viel altertümlich Charakteristisches genommen. Wo findet man beispielsweise noch in den Kögen das Schnitterzelt, wie es Carl Ludwig Jessen so schön im Bilde festgehalten hat?

Auch das Leben und Treiben auf den großen Höfen der Köge, die wie kleine Edelsitze inmitten ihrer Felder liegen und von breiten Gräben mit parkartigen Baumreihen und schattigen Gärten umgeben sind, ist dadurch wesentlich beeinflußt. Die Höfe liegen entweder an den Hauptwegen, die die Köge unter rechten Winkeln durchschneiden, oder in größerer Entfernung voneinander am Fuße der Deiche. Meist ist der Platz, auf dem sie stehen, werftartig erhöht, da die Erdmassen aus dem Einfriedigungsgraben auf die Baustelle gebracht wurden. Die kleineren Koogshäuser liegen entweder zeilenartig an den Wegen oder reihenweise auf der Außendossierung der zu Mitteldeichen gewordenen Deiche. Für die alte Bauart der Höfe ist der Königsteinsche Hauberg im Neuen Christian-Albrechts-Kooge charakteristisch. Auf der hohen Werfte unweit der zwischen den Kögen hinführenden Chaussee belegen, erscheint

namentlich seine Dachfläche von gewaltiger Ausdehnung. Wie geräumig der Hauberg ist, sieht man erst, wenn man ihn betreten hat. Über der Eingangstür ist das Königsteinsche Wappen*), ein Storch mit einem Aal im Schnabel, darüber eine Krone, darunter die Jahreszahl 1708, angebracht, weil der Hof von dem Amtmann J. L. von Pincier von Königstein in Tondern 1708 erbaut worden ist. Das Jahr darauf wurde der Amtmann abgesetzt, und der Hof mit 104 Demat Land wurde durch die Rentekammer verkauft. Durch die Haustür gelangt man in einen langen Flur. Links liegen die Wohnräume, rechts die Wirtschaftsräume: die Tenne, der Vierkant, der Pferde- und der Viehstall. Der Vierkant liegt in der Mitte des Hauses. Sechs gewaltige, ca. 10 m hohe Pfosten, je einer auf den vier Ecken und an der Mitte der Längsseite, bezeichnen diesen Raum. Sie tragen, an ihren oberen Enden durch starke Balken verbunden, das gewaltige Dach des Hauses, das über dem Vierkant zusammengeht und sonst durch Balkengerüst, das es mit den Umfassungsmauern verbindet, getragen wird. Derartige Hauberge sind in der Marsch nördlich von Husum selten, während sie in Eiderstedt häufiger vorkommen.

Bei den übrigen Marschhöfen nimmt das Wohnhaus gewöhnlich einen Flügel des um ein Vierkant gebauten Hauses ein. Hier wie dort sind wir bei den gastfreien Bewohnern**), die sich nirgends wohler fühlen als auf ihrem freien Besitztum, auch als Fremde willkommen. Im behaglich eingerichteten Wohnzimmer wird uns aufgetragen, was Küche und Keller vermögen. Das selbstgebackene Brot, die Kuchen, der Käse und die schöne Butter munden vortrefflich. Bei einem Rundgange durch das Haus und über die saftiggrünen Wiesen und blumenreichen Weiden der Umgebung, wozu uns der Hofbesitzer eingeladen hat, hören wir mit Interesse von dem einträchtigen Wirken aller Bewohner des Hofes zu fröhlichem Gedeihen des Ganzen. Wir sehen, daß Segen der Mühe Preis ist. Wer Arbeit und Fleiß nicht scheut wie hier Brotherr, Hausfrau und Gesinde, für den ist die Freude doppelt groß, so gesegnete Felder zu durchstreifen. Sonntags wird gern eine Fahrt zu den entfernt belegenen Ländereien oder in die Köge der Umgegend unternommen. In Gedanken wandere ich gern mit den braven Koogsbewohnern über die Felder und auf den altbekannten Wegen, die ich in meiner Jugendzeit gegangen bin.

Von dem in der Oktroi verliehenen Recht, eine eigene Kirche zu erbauen, ist erst 1892 Gebrauch gemacht, als Kirche und Pastorat von

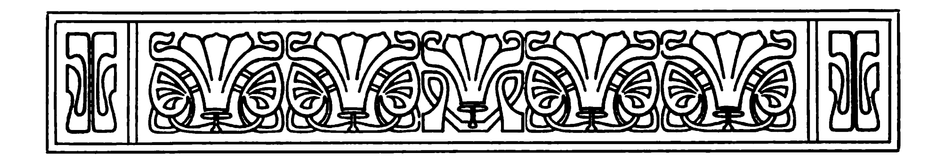
*) Ich besitze einen Siegelabdruck des Königsteinschen Wappens von 1708.

**) Am 1. Dezember 1890 wurden im Neuen Christian-Albrechts-Koog 206 gezählt.

Neu-Galmsbüll nach den Plänen von Architekt Moldenschardt aus den Mitteln des Galmsbüller Fonds erbaut wurden. Das Kirchspiel umfaßt außer den Christian-Albrechts-Kögen den Kleiseer- und den Marienkoog, also die neuesten Köge der früheren Seebucht. Die kleine, schmucke Kirche ist wie die früheren Galmsbüller Gotteshäuser dem St. Gallus geweiht. Dieser Name vom Stifter des berühmten Schweizer Klosters wurde wahrscheinlich einst der Halligkirche im fernen Nordmeer verliehen, um neue verheerende Fluten abzuwenden, wie sie am Gallustage wiederholt die Marschen und Inseln der Friesenküste heimgesucht haben.

Nach den Erfahrungen, die im Laufe von anderthalb hundert Jahren in dieser Festlandsbucht gemacht sind, dürfen wir hoffen, daß die Fluten, die das alte Galmsbüll zerstörten, dieses neue Gotteshaus mit seinem schlanken Turm verschonen werden, das auf den zusammengefügten Trümmern der Hallig errichtet ist. Die seit 1896 auf den Watten und im Halliggebiet vermehrten Schutzwerke und Landgewinnungsarbeiten bestärken uns in dieser Hoffnung und lassen erwarten, daß auch dort einst weite Flächen, Koog an Koog, vom Meere zurückerobert werden, die das Glück und den Wohlstand braver Bewohner begründen, wie es seit zweihundert Jahren die Christian-Albrechts-Köge in der Bucht vor dem Riesummoor getan haben.





Urtierchen als Parasiten und Krankheitserreger.

Von **Dr. C. Thesing** in Berlin.

(Fortsetzung.)

Der Flagellatenkörper ist im allgemeinen weit einfacher gebaut als der der Wimperinfusorien. An Stelle der zahlreichen dünnen Wimpern dienen eine oder mehrere verhältnismäßig kräftige Flagellen als Bewegungsorgane. Sonst finden wir bei verschiedenen Geißelinfusorien sowohl eine Mundöffnung, einen After, komplizierten Kernapparat, ja sogar primitive Sinnesorgane sind bei einigen von ihnen zur Ausbildung gelangt. Das überraschendste Verhalten zeigt in dieser Hinsicht fraglos ein Bewohner des Meeres, Pouchetia, bei welcher Form es zur Ausbildung von „Augen" gekommen ist. Diese Augen bestehen aus einer kugeligen Ansammlung eines rotschwarzen Pigments und einer davorgelagerten, durchsichtigen, ebenfalls kugeligen Ausscheidung des Außenplasmas, welche die Stelle der Linse vertritt. Ist dieses Gebilde freilich auch kein Auge in unserm Sinne, ist es auch nicht geeignet, das Sehen von Bildern zu vermitteln, so kann doch kein Zweifel obwalten, daß es der Sitz erhöhter Lichtempfindlichkeit im Zelleibe ist und der Pouchetia die Unterscheidung von hell und dunkel gestattet. Im allgemeinen ist die Form des Flagellatenkörpers eine feste, nicht wechselnde; daneben finden wir aber auch einige wenige Geißelträger, welche die Fähigkeit bewahrt haben, an beliebigen Stellen ihres Körpers protoplasmatische Scheinfüßchen zu bilden. In vollkommenster Weise ist diese Fähigkeit bei Mastigamoeba erhalten. Andere Flagellaten haben zwar im erwachsenen Zustande eine unveränderliche Gestalt, wohl aber sind ihre Jugendformen noch amöboid beweglich. Diese Fähigkeit, Pseudopodien zu bilden, ist der sicherste Fingerzeig für die nahe Verwandtschaft zwischen den Wurzelfüßern (Rhizopoden-Amöben etc.) und dem Stamme der Geißelinfusorien.

Man teilt gewöhnlich die Flagellaten in vier große Unterabteilungen:

1. Echte Flagellaten,
2. Choanoflagellaten,

3. Dinoflagellaten,

4. Cystoflagellaten.

Nur die erste dieser Abteilungen umfaßt Schmarotzer und Krankheitserreger, die drei anderen Gruppen sind zu einseitig spezialisiert, zu sehr an ihre verschiedenen Lebensbedingungen angepaßt, als daß aus ihnen parasitische Formen hätten hervorgehen können.

Ein sehr häufiger Bewohner des menschlichen Körpers ist ein kleiner Flagellat von ungefähr 0,01 bis 0,03 Millimeter Länge, Trichomonas vaginalis. Wie schon sein Name besagt, lebt er vorzugsweise in dem Vaginalschleim der Frauen und wird namentlich im Gefolge von Scheidenkatarrhen beobachtet. Nach den Angaben von Kölliker und Scanzoni kommt dieser Parasit bei mehr als fünfzig Prozent aller untersuchten Frauen vor. Beim männlichen Geschlecht wurde er nur selten beobachtet, und sind hier sein bevorzugter Wohnsitz die Harnleiter. Da Trichomonas vaginalis nur in sauer reagierenden Flüssigkeiten leben kann, so ist seine Vertreibung leicht durch Einspritzung von alkalischen Substanzen zu erreichen. Ob er als Erreger der Scheidenkatarrhe anzusehen ist oder nur in ihrem Gefolge als harmloser Saprophyt auftritt, darüber gehen die Ansichten noch immer auseinander. (Fig. 8.)

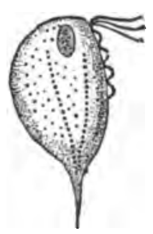


Fig. 8. Trichomonas vaginalis Donné (nach Blochmann).

Was die Organisation des Tieres anbetrifft, so besitzt es einen nach hinten spitz auslaufenden, etwa spindelförmigen Körper. Doch gehört es zu den wenigen Flagellaten, welche ihre Körperform recht erheblich verändern können. Die Fortbewegung der Tiere wird vermittelt durch drei an dem breiten Vorderende entspringende Geißeln und durch eine undulierende Membran, welche ebenfalls hier ihren Ursprung nimmt und nach hinten zieht. Die undulierende Membran, ein Organ, das bei den Flagellaten in weiter Verbreitung vorkommt, stellt einen dünnen, protoplasmatischen Saum dar, der an seinem freien Ende von einem festeren Faden eingefaßt wird und charakteristische, wellenförmige Bewegungen ausführt. Sonst bietet die Organisation der Trichomonaden nichts besonders Bemerkenswertes, was man nicht ohne Erklärung aus der Abbildung ersieht.

Außer der Trichomonas vaginalis wurde noch eine andere Art Trichomonas hominis im Darme des Menschen beschrieben. Diese Form, welche sich nur schwer von Trichomonas vaginalis unterscheiden läßt, findet sich namentlich bei Personen, welche an Diarrhoeerscheinungen erkrankt sind. Die übrigen Vertreter der Gattung Trichomonas sind ausschließlich tierische Parasiten, und zwar befallen sie hauptsächlich niedere Tiere, Eidechsen, Frösche, Schnecken etc. Für den Menschen

sind sie jedenfalls ohne besondere Bedeutung, und können wir von ihrer Besprechung absehen.

Eine andere sehr interessante Form, die ebenfalls ein sehr häufiger Parasit bei Mensch und zahlreichen anderen Säugetieren ist, lernen wir in Lamblia (Megastoma) intestinalis kennen. (Fig. 9) Das Tier besitzt eine ausgesprochen bilateralsymmetrische Gestalt, d. h. man kann es durch einen Längsschnitt in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften zerlegen. Der etwa rübenförmige Körper läuft nach hinten zu in zwei lange Geißeln aus. An dem breiten Vorderteile befindet sich auf der einen Seite eine flache Sauggrube, von deren Seite und unterem Abschnitte im ganzen sechs Geißeln entspringen. Die Lamblien bewohnen hauptsächlich den Dünndarm und sind hier oft in großen Mengen vorhanden. Mit Hilfe ihres Saugnapfes heften sie sich auf den Epithelzellen fest, und bisweilen findet man auf weite Strecken jede einzelne Darmzelle mit einer Lamblia besetzt. Obgleich die Tiere in solch großen Mengen auftreten, scheinen sie dem Organismus dennoch keinen Schaden zu bereiten, denn verschiedene Forscher haben sich selbst künstlich mit diesen Parasiten erfolgreich infiziert, ohne irgend welche Beschwerden zu spüren. Auch die Lamblien finden sich besonders bei Krankheiten mit Diarrhoeerscheinungen, und man sieht daraus wieder, daß man aus der bloßen Gegenwart bestimmter Parasiten bei gewissen Leiden noch lange nicht einen Schluß auf ihren ursächlichen Zusammenhang mit der betreffenden Krankheit ziehen darf. Deswegen ist ja auch die Frage, ob man in einem aufgefundenen Schmarotzer wirklich den Krankheitserreger vor sich hat, so schwer zur Entscheidung zu bringen. Es liegt immer, wenn nicht andere gewichtige Gründe dagegen sprechen, noch die Möglichkeit vor, daß der betreffende Parasit ein gänzlich harmloser Kommensale ist, der lediglich in den durch den Krankheitsprozeß hervorgerufenen Sächteveränderungen das Optimum seiner Lebensdingungen findet und deshalb hier besonders üppig gedeiht.

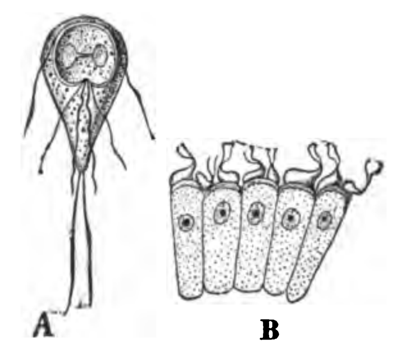


Fig. 9. Lamblia intestinalis.
A. von der Bauchseite. B. an Epithelzellen angesaugt.
(Nach Grassi und Schewiakoff.)

Die für den Menschen wichtigsten Flagellaten sind ohne Zweifel Angehörige der Gattung Trypanosoma. Hatten wir es bisher mit verhältnismäßig harmlosen und ungefährlichen Schmarotzern zu tun, so treffen wir in dieser Familie eine große Zahl von Erregern verderblicher

Krankheiten, verderblich für den Menschen nicht nur indirekt, indem sie seine Herden dezimieren und manche Gegenden ihrer wichtigsten Existenzmittel berauben, sondern auch direkt, da die Trypanosomen auch den Menschen überfallen und in seinem Körper ebenso furchtbar wüten wie im Körper seiner Haustiere. Dieser ihrer Bedeutung entsprechend, wollen wir uns hier auch etwas eingehender mit ihnen beschäftigen.

Die Gattung Trypanosoma ist bisher nur in parasitischen Formen bekannt. Sie wurde bereits in den vierziger Jahren in dem Blute der Ratten entdeckt, aber erst die letzten Jahre brachten Untersuchungen, welche ihre weite Verbreitung und ihre pathogenen Eigenschaften beweisen. Man findet Trypanosomen nicht nur im Blute der verschiedensten Säugetiere und des Menschen, sondern auch bei zahlreichen kaltblütigen und wirbellosen Tieren. Genannt seien nur, um einen Begriff von ihrer fast universellen Verbreitung im Tierreiche zu geben, Fische, Schildkröten, Frösche, Siphonophoren, Bryozoen und noch sehr viele andere als regelmäßige oder gelegentliche Wirtstiere. Die meisten Arten sind ausgesprochene Blutparasiten, andere leben in dem Darme oder der Leibeshöhle ihrer Wirtstiere. In dem Darmkanale findet man die Trypanosomen namentlich häufig bei verschiedenen blutsaugenden Würmern und Insekten, was sich ja unschwer aus der Lebensweise der betreffenden Tiere herleiten läßt.

Unseren Besprechungen über die Lebensweise und den Bau der Trypanosomen wollen wir die Verhältnisse von Trypanosoma lewisi zu Grunde legen. Das Tier findet sich im Blute von annähernd ein Drittel aller untersuchten Ratten und tritt oft in solchen Unmengen auf, daß man unter dem Mikroskope in einem Gesichtsfelde fast mehr Parasiten als rote Blutkörperchen sieht. Außer bei verschiedenen Rattenarten kommt der Parasit auch noch häufig in der Blutflüssigkeit des Hamsters vor. Ob Tr. lewisi noch bei anderen Wirtstieren auftritt, läßt sich nicht mit Sicherheit beantworten. Überhaupt sind die verschiedenen Arten der Trypanosomen untereinander zum Teil so ähnlich, daß man häufig im Zweifel ist, ob ein Tier, dem man im Blute eines anderen Wirtes begegnet, nun auch wirklich eine besondere abgetrennte Art darstellt. Während manche Autoren geneigt sind, für jeden Wirt eine besondere Trypanosomen-Art anzunehmen, wollen andere alle die verschiedenen Formen zu einer Art vereinigen. Diese Unsicherheit in der Auffassung rührt zum größten Teile davon her, daß unsere Kenntnisse von dem Entwickelungszyklus der Trypanosomen immer noch recht lückenhafte sind.

Betrachten wir ein kleines Tröpfchen Rattenblut unter dem Mi-

kroskope, so sehen wir zahlreiche kleine, lebhaft bewegliche Würmchen mit geschickten Drehungen des länglich zugespitzten Körpers zwischen den Blutkörperchen herumschwimmen. Die Art der Fortbewegung ist äußerst charakteristisch. Bald erscheint der Zelleib gestreckt, bald spiralig aufgewunden. Überhaupt ist der Körper der Trypanosomen äußerst formveränderlich. Durch die spiralige Aufrollung kommt eine rotierende Bewegung zustande, während die Fortbewegung durch eine oft recht kräftige Geißel bewirkt wird. Letztere nimmt ihren Ursprung von einem zentralkernartigen Gebilde, dem sogenannten Blepharoblasten, dessen Bedeutung noch unsicher ist. Meistens besitzen die Trypanosomen außerdem eine deutliche, undulierende Membran, welche, wie wir bereits hörten, ebenfalls zur Fortbewegung verwandt wird.

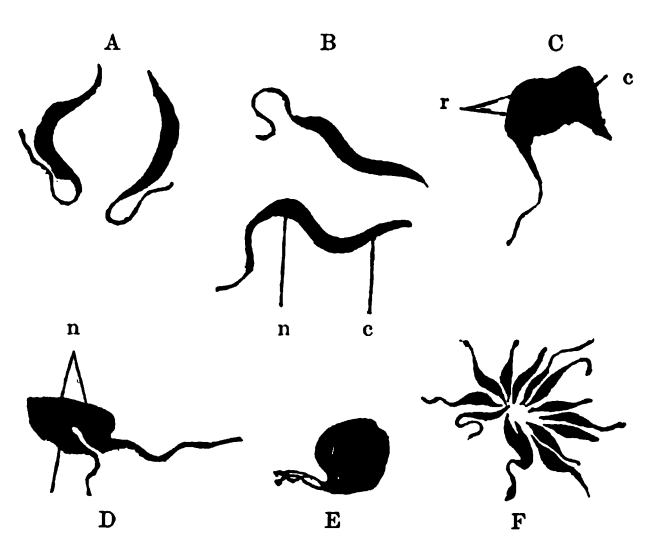


Fig. 10. Trypanosoma (Herpetosoma) lewisi Kent.
A. Erwachsene Individuen nach dem Leben. B. Ebensolche nach konserviertem Präparat. C und D. Stadien der Längsteilung. E. Multiple Längsteilung. F. Multiple, rosettenförmige Teilung.

An dem Zelleibe unterscheidet man ein feinkörniges Innenplasma von einer mehr hyalinen Ektoplasmaschicht. Der ziemlich große Kern der Tiere liegt dem vorderen Teile des Körpers genähert im Entoplasma, während die Bewegungsorganellen ihre Entstehung von der Ektoplasmaschicht nehmen. Die Größe der verschiedenen Trypanosomen schwankt zwischen recht erheblich weiten Grenzen. Während manche Formen eine Länge bis zu 0,2 Millimeter erreichen, beträgt die Länge des Rattentrypanosoma nur 0,01 Millimeter bei einer Breite von etwa 0,003 Millimeter. Was die Vermehrung der Trypanosomen anbelangt, so ist die häufigste Art der Fortpflanzung eine Längsteilung, doch braucht das Resultat nicht immer nur eine Zweiteilung zu sein, sondern daneben kommt es auch zu einer vielfachen Zerlegung. Die so entstandenen Tochterindividuen schwimmen nach beendeter Teilung häufig nicht auseinander, sondern bleiben noch längere Zeit mit ihrem Hinterende vereint.

Es entstehen auf diese Weise Kolonien, welche ungefähr die Gestalt eines Gänseblümchens haben. (Fig. 10.) Wahrscheinlich geht der Vermehrung meistens eine Konjugation voraus, doch fehlen darüber bisher noch zuverlässige Untersuchungen. Es ist ja überhaupt immer schwer, zu entscheiden, wenn man nicht den ganzen Vorgang zu verfolgen vermag, ob man in dem konservierten Präparate ein Teilungs- oder ein Konjugationsstadium vor sich hat.

Dauerformen scheinen nicht aufzutreten, wenigstens wurden solche bisher nicht beobachtet. Da die Trypanosomen entweder direkt, z. B. beim Geschlechtsakt, oder, wie im Falle des Trypanosoma lewisi, durch blutsaugende Insekten, Flöhe oder Läuse übertragen werden, so ist ja auch die Bildung von Dauerformen für die Verbreitung der Parasiten und die Erhaltung der Art nicht erforderlich.

Man findet die Parasiten häufig in großer Menge im Blute ganz gesund aussehender Ratten, und ihre Anwesenheit scheint den Tieren keinerlei Unbehagen zu bereiten. In anderen Fällen führt jedoch die Infektion zu schweren Erkrankungen und schnellem Tode.

Dem Namen nach ist wohl jedem die furchtbare Tsetsefliegenseuche bekannt, welche im Sudan, im ganzen Süden Afrikas und auch in unseren afrikanischen Kolonien wahrhaft entsetzliche Verheerungen unter dem dortigen Viehbestande anrichtet. In kurzer Zeit vernichtete sie den Viehreichtum weiter Landstrecken und machte das Halten von Vieh, Last- und Zugtieren zu einer Unmöglichkeit. Pferde und Rinder, Maultiere und Kamele werden von dieser schrecklichen Seuche befallen und gehen massenweise an ihren Folgen zu Grunde. Doch auch manche Raubtiere und Antilopen sind vor der Erkrankung nicht sicher. Ein Glück ist es nur, daß sie auf den Menschen scheinbar nicht übertragbar ist.

Schon seit langer Zeit war es den Tierzüchtern und Reisenden bekannt, daß die Krankheit durch den Stich einer Fliegenart, der berüchtigten Tsetsefliege, G l o s s i n a m o r s i t a n s, hervorgerufen wurde. Nur in Gegenden, in denen dieses blutdürstige Insekt verbreitet ist, wird die Krankheit beobachtet. Besonders in Flußniederungen ist die Heimat der Tsetsefliege. Hier findet sie sich oft in großen Scharen und verfolgt die Herden nicht nur während des ganzen Tages, ja selbst in hellen Nächten gönnt sie den gequälten Tieren keine Ruhe. Nur völlige Dunkelheit bringt den Tieren Sicherheit vor ihren Quälgeistern. Soweit unsere Erfahrungen reichen, verläuft die Krankheit wohl immer tödlich; Heilung ist bisher in keinem Falle sicher beobachtet worden.

War man zu dieser Erkenntnis bereits verhältnismäßig frühzeitig gelangt, so blieb man doch über die eigentliche Ursache der furchtbaren

Wirkung des Bisses der Glossina morsitans völlig im unklaren. Erst den Untersuchungen Bruces war es vorbehalten, Licht in dieses Dunkel zu tragen. (Fig. 11).

Bruce entdeckte nämlich in dem Blute verschiedener Antilopen einen kleinen Parasiten, den er zuerst als ein bereits bekanntes Trypanosoma evansi, den wahrscheinlichen Erreger der Surrakrankheit ansprach, welcher in Vorder- und Hinterindien ähnliche Verheerungen anrichtet, wie die Tsetseseuche in Afrika. Denselben Parasiten konnte Bruce auch in dem Rüssel der Glossina nachweisen, welche an einem erkrankten Tiere Blut gesogen hatte; ja, es gelang ihm auch, mit Hilfe solcher Fliegen, indem er sie an gesunden Tieren saugen ließ, künstlich die Seuche auf Pferde, Esel, Rinder und andere Tiere zu übertragen. Damit war der Zirkel geschlossen und kein Zweifel, daß die Wirkung des Fliegenstiches lediglich in der Übertragung des Parasiten beruhte. Daß außer der Glossina morsitans auch noch andere Insekten als Überträger des Trypanosoma Brucei in Frage kommen, wird zwar von manchen Forschern behauptet, konnte aber bisher nicht einwandfrei festgestellt werden.



Fig. 11. Glossina morsitans Westw. die Tsetsefliege.

Der Verlauf der Krankheit ist etwa folgender. Nach einer Zwischenzeit (Inkubationszeit) von ungefähr neun bis zehn Tagen nach erfolgter Infektion treten bei dem betreffenden Rinde, Pferde etc. die ersten Krankheitserscheinungen auf. Während dieser Zeit haben sich die Parasiten in dem Blute ihres dem Verderben geweihten Wirtes riesenhaft vermehrt, und es tritt eine starke Temperaturerhöhung ein. Wie enorm die Vermehrung der Trypanosomen ist, konnte Bruce nachweisen. Bereits 14 Tage nach dem Stich der Fliege enthielt ein Kubikzentimeter Blut ca. 140 000 Parasiten. Hand in Hand mit der Zunahme der Parasiten geht eine rapide Abnahme der roten Blutkörperchen, in vielen Fällen bis auf ein Fünftel der normalen Zahl. Die erkrankten Tiere bekommen allmählich ein mattes, schlaffes Aussehen, die Augen sind trübe, ja bisweilen tritt sogar Erblindung ein. Die Milz schwillt stark an, der Körper beginnt abzumagern, und unter dem Zeichen einer hochgradigen Blutarmut (Anämie) tritt endlich der Tod ein. Der gesamte Verlauf der Krankheit schwankt zwischen sechs Wochen bis zu einem Jahre. Wahrscheinlich ist die Tsetsefliegenseuche ursprünglich

ein Leiden des Wildes und wird von diesem erst durch Vermittelung der Glossina auf die Haustiere übertragen. Jedenfalls ist es eine alte Erfahrungstatsache, daß die Krankheit mit dem Fortwandern des Wildes aus einer Gegend häufig verschwindet.

Ob die Parasiten im Körper der Fliege eine besondere Entwickelung durchmachen, ähnlich wie wir es später von dem Erreger der Malaria im Mückenkörper kennen lernen werden, oder ob sie lediglich durch den Stich von einem Tiere auf ein anderes übertragen werden, steht noch dahin. Entschieden gegen eine Entwickelung scheint die Tatsache zu sprechen, daß die Infektion auch unmittelbar nach dem Saugen an einem kranken Tiere stattfinden kann.

Bemerkenswert ist endlich noch eine Beobachtung Bruce's, der zufolge sich Hunde durch Fressen von Fleisch erkrankter Tiere anstecken.

Wie wir schon vorher erwähnten, wird die verderbliche Surrakrankheit, welche den Engländern in ihren indischen Kolonien so viel zu schaffen macht, von einem Trypanosoma verursacht. Auch in diesem Falle scheint eine Fliege für die Ausbreitung der Seuche in Betracht zu kommen. Nach anderer Meinung freilich soll verseuchtes Wasser die Infektion bewirken können. Welche Bedeutung der Krankheit zugemessen werden muß, erhellt wohl am besten daraus, daß die indische Armee bei den Expeditionen des Jahres 1880 in manchen Regimentern fast den gesamten Pferdebestand verloren hat.

Doch es ist nicht möglich, hier alle Krankheiten, welche durch diese gefährlichen Flagellaten verursacht werden, im einzelnen durchzusprechen. So sei nur noch erwähnt, daß auch die gefürchtete Beschälkrankheit, die in einem großen Teile der europäischen und afrikanischen Mittelmeerländer herrscht und hier unter dem Esel- und Pferdebestande mancher Gegenden großen Schaden anrichtet, von Trypanosomen erregt wird. In diesem Falle findet die Übertragung der Flagellaten nicht durch Insekten statt, sondern direkt beim Geschlechtsakte.

Das größte Interesse wandte sich aber in der allerneuesten Zeit diesen unheimlichen Geschöpfen zu, seit festgestellt wurde, daß auch die Schlafkrankheit, diese Geißel Afrikas, durch die zerstörende Tätigkeit von Trypanosomen hervorgerufen wird. Gerade jetzt ist bekanntlich eine deutsche Expedition unter der Leitung von Robert Koch in das Hinterland von Ostafrika unterwegs, um dieses entsetzliche Leiden, von dem es keine Rettung gibt, genauer zu erforschen und, wenn möglich, ein Mittel zu seiner Bekämpfung zu finden. Früher nahm man an, die Schlafkrankheit befiele nur die Negerbevölkerung; mehrere Fälle der

jüngsten Zeit lehrten jedoch, daß auch die Europäer vor ihr nicht sicher sind. (Fig. 12.)

Bewegten wir uns bisher auf wissenschaftlich ziemlich gesichertem Boden, so müssen wir uns jetzt einem Gebiete zuwenden, auf welchem noch immer der Streit der Meinungen tobt und auf dem wahrscheinlich noch in Jahren keine einwandfreien Resultate erzielt werden. In dem verflossenen Jahre waren die Zeitungen voll von Berichten über die Entdeckung des Erregers der Syphilis. Zuerst kam die Nachricht, daß ein Berliner Arzt, Dr. J. Siegel, in einem winzigen Protozoon einem Angehörigen der Flagellatenklasse, dem seither viel genannten Cytorrhyctes lues, den lange gesuchten Erreger der Syphilis gefunden hätte. Da in den letzten fünfundzwanzig Jahren nicht weniger als fünfundzwanzig verschiedene Erreger der Syphilis entdeckt wurden, denen jedoch allen nur ein kurzer Triumph beschieden war und die, kaum verkündet, wieder verworfen werden mußten, so begegnete man in Fachkreisen natürlich auch dem Cytorrhyctes mit einem gewissen, nicht unberechtigten Mißtrauen. Ja, hätte nicht der gewichtige Name des bekannten Berliner Ordinarius für Zoologie, F. E. Schulze, hinter dieser Entdeckung gestanden, der mit seiner ganzen Autorität für deren hohe Bedeutung eingetreten war, so wären die umfassenden Forschungen Siegels höchst wahrscheinlich völlig totgeschwiegen worden und bald der Vergessenheit anheimgefallen. Unter den heutigen Verhältnissen ist es ja leider für einen unabhängig arbeitenden Gelehrten, der kein größeres Universitäts- oder anderes Institut zur Deckung hinter sich hat, schwer, ja in vielen Fällen fast eine Unmöglichkeit, seinen Forschungen die genügende Beachtung und Nachprüfung zu verschaffen. Solche Außenseiter sind in offiziellen Kreisen nicht sehr beliebt, und die vielgerühmte Freiheit der wissenschaftlichen Forschung wird da leider leicht zur Schimäre, nicht zum Vorteile der Wissenschaft!

Der Cytorrhyctes sollte nicht lange der einzige Bewerber auf dem Kampfplatze bleiben. Noch waren kaum drei Monate verflossen, daß Siegel seine Untersuchungen der wissenschaftlichen Welt zur Prüfung unterbreitet hatte, da erschien eine kurze Mitteilung des bekannten und bereits mehrfach erwähnten Protozoenforschers Regierungsrats Dr. Fritz Schaudinn und seines Mitarbeiters Stabsarzt Dr. Hoffmann, derzufolge es den genannten beiden Gelehrten gelungen war, in verschiedenen syphilitischen Krankheitsprodukten ein eigentümlich korkzieherartiges Gebilde, eine Angehörige der Gattung Spirochaete, aufzufinden. Waren die Forscher auch anfangs in der Deutung dieses Befundes recht vorsichtig, so dauerte es nicht lange und die Spirochaete pallida wurde mit großer Bestimmtheit als der Erreger der Lues be-

zeichnet. Daran ist schließlich nichts Merkwürdiges. Jeder, der lange und intensiv sich mit einer bestimmten Forschung beschäftigt, wird leicht geneigt sein, deren Bedeutung zu überschätzen. Merkwürdigerweise fand aber diese Meinung in weiten Kreisen der medizinischen Fachgenossen ohne eingehende Prüfung Widerhall, und mit einer Kritiklosigkeit, die in der Geschichte der wissenschaftlichen Forschung wohl unerreicht dasteht, traten zahlreiche „Autoritäten" für die ätiologische Bedeutung der Spirochaete pallida ein. Und auch heute noch gilt es vielen fast als ein Frevel, an der eminenten Wichtigkeit dieser Entdeckung zu zweifeln.

Wenn ich auch nicht bestreiten will, daß immerhin die Möglichkeit vorliegt, daß man wirklich in der Spirochaete einen für die Lues spezifischen Organismus vor sich hat, so muß doch betont werden, daß ein Beweis dafür in keiner Weise erbracht ist, ja daß viele gewichtige Gründe heute mehr noch als am Anfange dieser Forschungen dagegen sprechen. Wer dieses nicht zugesteht, dem muß man die nötige kritische Urteilsfähigkeit absprechen. Wir haben gerade in der Geschichte der Syphilisforschung Belege genug dafür, daß auch sogenannte Autoritäten sich irren und oft genug bei Abgabe ihres Urteiles die nötige Vorsicht vermissen lassen.

Da die Spirochaeten nach meiner Ansicht, einer Ansicht, die von maßgebender Stelle geteilt wird, auf Grund unserer heutigen Kenntnis nicht zu den Urtierchen gestellt werden dürfen, sondern ihrer gesamten Organisation nach nahe Beziehungen zu den Bakterien haben, zu denen sie auch seit ihrer Entdeckung durch Ehrenberg gestellt wurden, so erübrigt sich hier ihre Besprechung. Da aber die Forschungen Siegels und Schaudinn-Hoffmanns so eng miteinander verbunden scheinen, so sei trotzdem wenigstens in Kürze auf sie eingegangen.

Zuerst der Cytorrhyctes. In Blutausstrichen Syphilitischer erkennt man bei Anwendung unserer stärksten Vergrößerungen kleine, lebhaft bewegliche und sehr stark lichtbrechende Körperchen. Die Art der Fortbewegung erinnert lebhaft an die der Trypanoplasmen — Parasiten, die zu den vorhin besprochenen Trypanosomen in enger Beziehung stehen, — und unterscheidet sich durchaus von Strömungsbewegungen oder Brownscher Molekularbewegung. Auch kann man nach Siegel die Selbständigkeit der Fortbewegung leicht durch ein einfaches Experiment nachweisen. Setzt man nämlich dem Präparate einen Tropfen Chloralhydrat oder andere giftigwirkende Substanzen hinzu, so tritt sofort, nachdem die entstandenen Strömungen verschwunden sind, völlige Ruhe ein, während es andrerseits unter günstigen Verhältnissen möglich ist, diese „beweglichen Körperchen" mehrere Tage lang lebend unter dem

Mikroskope zu beobachten. Bei den größeren Formen unterscheidet man neben der Ortsbewegung noch eine andere Bewegung an dem Körper selbst. Von Zeit zu Zeit entstehen nämlich an der Peripherie Vorwölbungen, welche bald wieder verschwinden, um an einer anderen Stelle von neuem zu erscheinen. Die Körperchen besitzen also eine gewisse amöboide Beweglichkeit. Wie die weiteren Untersuchungen am frischen und gefärbten Material ergaben, stellen diese „beweglichen Körperchen" verschiedene Entwickelungsstadien eines Parasiten dar. Die jüngste Form ist ein kleines, zweikerniges Gebilde von 1/2000 bis 1/1000 Millimeter Länge und nur 1/10 000 Millimeter Breite, sie steht demnach hart an der Grenze der Sichtbarkeit, und selbst bei Anwendung unserer stärksten Vergrößerungssysteme erreicht sie nur eine Länge von höchstens ein bis zwei Millimetern. Daß bei solch winzigen Dimensionen Fehlerquellen leicht möglich, und eine genaue Nachprüfung unbedingt erforderlich ist, bedarf keiner besonderen Hervorhebung. Aber trotz ihrer Kleinheit sind die Organismen dank ihrem starken Lichtbrechungsvermögen deutlich zu erkennen. Lange Zeit war es jedoch nicht möglich, weitere Einzelheiten an ihnen zu unterscheiden, bis es endlich mit Hilfe der verbesserten Färbetechnik gelang, Geißeln zu entdecken. Im ganzen sind es, wie man an gut gelungenen Präparaten und auch an den danach hergestellten Photogrammen zu erkennen vermag, drei Geißeln, die von den Körperchen ausgehen. War man aber erst an konservierten Präparaten auf die Flagellen aufmerksam geworden und kannte genau die Stelle ihres Ursprunges, so gelang es auch bald dem durch ständige Übung geschulten Auge, die Geißeln am lebenden Tiere zu erkennen. Die stoß- oder sprungweisen Bewegungen deuteten ja auch schon vorher, ehe man die Geißeln nachgewiesen hatte, auf deren Vorhandensein hin.

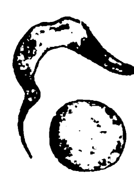


Fig. 12.
Trypanosoma der Schlafkrankheit im Blut einer Negerin.
(Aus C. Martini: Insekten als Krankheitsüberträger).

Bei fortschreitender Entwickelung nehmen die Cytorrhycten erheblich an Größe zu, und die Kerne vermehren sich durch mehrfache Quer- und Längsteilung. So kommt es zuerst zur Bildung von vierkernigen und weiterhin von achtkernigen Formen, welche ebenfalls noch Geißeln besitzen und damit freier Ortsbewegung fähig sind. Mit weiterer Vermehrung der Kerne und Größenzunahme rundet sich der Parasit, der bis dahin etwa Birnenform besessen hatte, mehr und mehr ab, und die Geißeln werden zurückgebildet. Bei den Formen dieses Alters unterscheidet man im Innern zwei bis drei parallel laufende Reihen länglicher Kerne. Die einzigen Lebensäußerungen des Parasiten beschränken sich jetzt auf die oben erwähnten Aussackungen und Buckelbildungen an den

Konturen. Den Abschluß dieses Vermehrungsvorganges, den man wohl als Sporulation bezeichnen kann, bilden Stadien, wie sie unsere Abbildungen 13 e und f veranschaulichen. Wir haben hier ein annähernd kugeliges Gebilde vor uns, dessen Inneres sechzehn Kerne enthält. Um jedes dieser Kernteilstücke hat sich eine kleine Portion Plasma abgesondert, und jede dieser kleinen „Sporen" ist wahrscheinlich bereits mit Geißeln ausgerüstet. An günstigen Präparaten soll man an diesen Sporen auch bereits wieder eine Zweiteilung der Kerne erkennen können. Durch Platzen der äußeren Hülle werden dann die jungen Cytorrhycten frei und schwärmen in die umgebende Blutflüssigkeit oder das Gewebe aus.

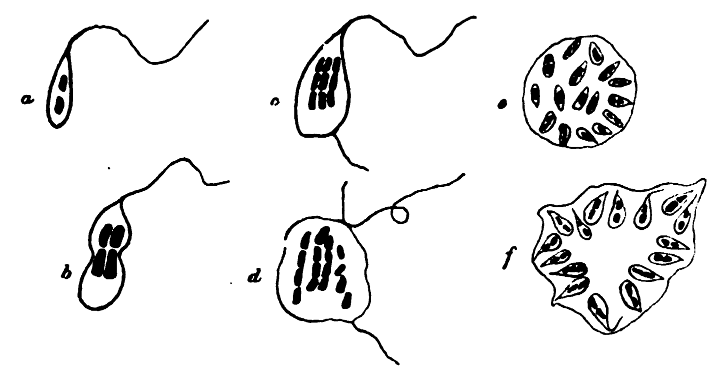


Fig. 13. Schematische Darstellung des Entwicklungscyklus von Cytorrhyctes luis. Sehr starke Vergrößerung.
(Aus C. Theising: Naturwissenschaftliche Monatsschrift.)

Was die systematische Stellung dieser „Syphilisparasiten" anbelangt, so sind Siegel und F. E. Schulze geneigt, ihnen eine Mittelstellung zwischen den Flagellaten und Sporozoen anzuweisen. Wegen der großen Individuenzahl und Regelmäßigkeit, mit der sich die Cytorrhycten nicht nur in allen syphilitischen Geweben und im Blute luetischer Personen, sondern auch bei allen mit Erfolg geimpften und genauer untersuchten Tieren, besonders Affen und Kaninchen, nachweisen lassen, liegt nach der Meinung des Entdeckers die Vermutung nahe, daß auch ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Parasit und Krankheit bestehe, ja im Verlaufe seiner weiteren Forschungen wurde Siegel dieser vermutete Zusammenhang sogar zur Gewißheit, und er steht nicht an, den Cytorrhyctes als den Erreger der Seuche zu bezeichnen.

Von verschiedenen Seiten wurden die Untersuchungen Siegels heftig angegriffen und behauptet, die Cytorrhycten wären überhaupt keine Organismen, sondern Zerfallsprodukte des Blutes oder anderer Zellen. Wenn es auch nicht zu leugnen ist, daß namentlich die jüngsten

Stadien des Siegelschen Parasiten mit manchen Blutkörperchen-Zerfallsprodukten, Hämoconien etc., eine gewisse Ähnlichkeit haben und von einem ungeübten Auge leicht verwechselt werden können, so unterscheiden sie sich doch von diesen durch ihr weit intensiveres Lichtbrechungsvermögen und ferner durch ihre eigentümliche Bewegungsart. Soweit ich die betreffenden Präparate aus eigener Anschauung kenne, halte ich es für höchst wahrscheinlich, daß der Cytorrhyctes ein selbständiger Organismus ist, so wohl charakterisiert, wie es ein Lebewesen von so winzigen Dimensionen nur sein kann. Anders dagegen steht es mit der Frage, ob wir in ihm den Erreger der Lues vor uns haben. Hier halte ich nach wie vor eine starke Skepsis am Platze. Jedenfalls ist Siegel den Beweis dafür noch schuldig geblieben.

Was nun den zweiten „Erreger", die Spirochaete pallida anbetrifft, so wurde diese zuerst von ihren Entdeckern in Gewebsausstrichen syphilitischer Produkte und im Saft der Lymphdrüsen Erkrankter nachgewiesen. Sie ist im Leben ein äußerst zartes, schwach lichtbrechendes Gebilde mit steilen, engen Windungen. Wegen ihrer schwachen Färbbarkeit wurde ihr der Name „Pallida" beigelegt. Die Tatsache, daß in luetischen Produkten häufig Spirochaeten auftreten, wurde bald von zahlreichen Seiten bestätigt, so daß man an der Richtigkeit nicht wohl zweifeln kann. Trotzdem gibt es aber verschiedene Gründe, welche gegen eine ätiologische Bedeutung dieser Organismen für die Syphilis sprechen. In mehreren Arbeiten sind diese Bedenken von mir und anderen Forschern ausgesprochen worden und konnten bisher noch immer nicht durch die weitere Forschung widerlegt werden. Es ist hier nicht der Ort, ausführlich auf diese Dinge, welche in die spezielle Fachpresse gehören, einzugehen; nur einige der wichtigsten Gründe gegen die Erregernatur der Sp. pallida seien hier angeführt.

Erstens ist die Artbeschreibung der Sp. pallida so unsicher, und nach den Abbildungen ist ihre Gestalt so wechselvoll, daß es eine Unmöglichkeit ist, sie mit Sicherheit zu diagnostizieren. Dann findet man auch in anderen Krankheitsprodukten und auch bei gesunden Menschen Spirochaeten, welche sich von dem vermeintlichen Syphiliserreger durchaus nicht unterscheiden lassen. Bedenken muß es auch erregen, daß man die Pallida im Blute Luetischer vermißt, obwohl das Blut infektiös ist, also das Krankheitsvirus enthalten muß. Die wenigen Angaben über Blutbefunde sind so unzuverlässig, daß man ihnen keinen großen Wert beilegen kann, namentlich da ihnen so zahlreiche negative Resultate gegenüberstehen. Dann wollte es auch absolut nicht glücken, auf Schnitten durch innere Organe die Spirochaeten nachzuweisen, ein Umstand, der selbst wenig kritischen Köpfen schweres Bedenken verursachte. Endlich

glückte es jedoch, in der Versilberungsmethode ein Mittel zu finden, um die Parasiten auch in solchen Schnittpräparaten sichtbar machen zu können. Jetzt war der Jubel groß, und ein großer Teil der Forscher trat bedingungslos ins Spirochaetenlager über. Daß diese mit Silber behandelten Präparate häufig mehr „Spirochaeten“ als normales Gewebe enthielten, daß die „Parasiten“ die abweichendsten Formen hatten und mit der Pallida oft nur recht entfernte Ähnlichkeit besaßen, und daß endlich das Gewebe in allen diesen Fällen so zerfallen war, daß man meistens gar nicht mehr festzustellen vermochte, von was für einem Organe das betreffende Präparat herrührte, schien niemand aufzufallen.

Jetzt endlich scheint man zu der Einsicht zu gelangen, daß diese Silberspirochaeten einer der größten Mißgriffe sind, welche in der wissenschaftlichen Forschung getan wurden. Nach den Präparaten, welche ich gesehen habe, unterliegt es nämlich keinem Zweifel, daß diese vermeintlichen Spirochaeten nichts anderes sind, als durch das Silber geschwärzte Zellgrenzen, elastischer Fasern und Nervenendigungen nie aber Organismen.

So harrt denn die Syphilisfrage noch immer der Entscheidung, und es wäre eine wissenschaftliche Leichtfertigkeit, bei dem heutigen Stande der Forschung sich mit Bestimmtheit für den Cytorrhyctes oder die Pallida aussprechen zu wollen. Vielleicht müssen beide den Weg ihrer zahlreichen Vorgänger gehen.

(Schluß folgt.)

Nachweis der wichtigsten Literatur:

Bütschli, Protozoa (in: Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs); Leuckart, die Parasiten des Menschen; Kruse; Protozoen (in: Flügge, die Mikroorganismen); Braun, die tierischen Parasiten des Menschen; Pfeiffer, die Protozoen als Krankheitserreger; Doflein, die Protozoen als Parasiten und Krankheitserreger; Kolle und Wassermann, Handbuch der pathogenen Mikroorganismen; Lang, Protozoa (in: A. Lang, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere).





Die Verteilung der Meere auf der Mondoberfläche.

Die Gesamtoberfläche des Mondes, soweit sie den neuesten Hilfsmitteln der Astronomie erreichbar ist, ist von Professor Franz (Breslau) einer morphologischen Untersuchung unterzogen worden, deren Ergebnisse der preußischen Akademie der Wissenschaften durch den Akademiker Struve unter dem 31. Mai 1906 eingereicht wurden und nun im Druck vorliegen.

Die Bedeckung mit „Meeren" (mare) wurde durch streng methodische Schätzungen zu 32,205 Prozent, also auf etwa ein Drittel der sichtbaren Mondoberfläche, ermittelt. Die übrigen zwei Drittel gehören dem helleren und kraterreicheren Gebirgs- oder Hochland an. Diese Unterscheidung ist nicht bloß sprachgebräuchlich, sondern in wesentlichen Beziehungen reell. Aus dem Bande 38 der „Beobachtungen der Königsberger Sternwarte" führt Franz an, daß die dunklen Meere des Mondes durchschnittlich tiefer liegen, als das helle Gebirgsland.

Die Meere umschließen den Mond, soweit seine Oberfläche bekannt ist, in einem Gürtel, der durchschnittlich 38° 56,5′ breit ist und sich von 21° 19′ südlicher bis 17° 38′ nördlicher zoneographischer Breite erstreckt. Meeresteile liegen innerhalb, Gebirgspartien außerhalb dieses Gürtels. Ganz frei von Meeren aber ist der Nordrand und ein großer Teil der Südhälfte des Mondes.

Dieses Verhalten wurde in etwas durch die für Mondkarten bisher bevorzugte orthographische Projektion verschleiert — übrigens auch durch den direkten Anblick, der dieser Projektionsart am nächsten kommt. Deutlich tritt es bei stereographischer, noch deutlicher bei Mercator-Projektion entgegen. In ersterer Projektion ist der Mitteilung eine Mondkarte beigegeben. Jenseit der Grenzen des hemisphärischen Gradnetzes sind auch die bei günstiger Libration aufgenommenen nächsten Meere der Rückseite des Mondes eingetragen. Mit Hilfe einer neuen Methode, mit dem „Ausmesser" des Professors Franz, sind sie besonders exakt aufgenommen. Ihre Aufnahme bestätigt die Geltung der zonalen Anordnung der Meere auch für diesen Teil des Mondes.

Die Anordnung ist in bezug auf die jetzigen Rotationspole äquatorial. Der Gürtel ist um 20° 55,3' gegen den Mondäquator geneigt. Sein aufsteigender Knoten schneidet diesen in 74° 13,6' Länge, östlich vom Mare Smythii.

Die Entstehung der Meere ist Franz geneigt, aus der infolge verlangsamter Rotation verminderten Abplattung des Mondes zu erklären. Diese polare Ausdehnung mußte mit einem Einsinken äquatorialer Krustenpartien Hand in Hand gehen. Die spätere Verschiebung aus der Äquatorialebene wird — im Sinne Kreichgauers — einem Gleiten der Kruste auf dem flüssigen Mondinnern zugeschrieben.

Eine andere Erklärung, im Anschluß an die noch in der neuesten Zeit von Meydenbauer besonders zur morphologischen Erklärung des Mondes und anderer Weltkörper vertretene Auf- und Einsturz-Theorie würde solche Hilfsannahmen entbehren können, denn sie setzt ein vorgängiges planetarisches Kreisen der Aufschlagstücke voraus, das erfahrungsgemäß für verschiedene Körper in verschieden geneigten Bahnebenen vor sich gehen kann.

Die von Franz entwickelten Anschauungen haben den unleugbaren Vorzug, die physikalischen Verhältnisse des Mondes denen der Erde wesentlich näher zu rücken, denn das geologisch primäre Merkmal der Ozeane der Erde ist nicht ihre Wasserführung, sondern ihre scharfe Absenkung entlang den Kontinentalstufen gegen die Festländer. Besonders interessant erscheint aber in diesem Blick, daß das Verhältnis jener morphologischen Fundamentalgegensätze Meer zu Festland auf dem Monde fast genau das umgekehrte ist, als auf der Erde. Auf dem Monde beträgt es 32,205 zu 67,795 Prozent, also 1 : 2,1, auf der Erde, für die bisher genauer erforschten Breiten zwischen 80° nördlicher und 70° südlicher Breite, 2,6 : 1. Durch die infolge der letzten Forschungsreisen mit zunehmender Deutlichkeit kontinentale Natur der Antarktis und durch ähnliche Entdeckungen, die für die zentrale Arktis von manchen Seiten erwartet werden, wird der Verhältniswert der Erde 2,6 dem umgekehrten Werte der den menschlichen Hilfsmitteln zugänglichen Mondoberfläche 2,1 noch mehr genähert. W. K.



Sichtbarmachung unsichtbarer Spektralgebiete.

Ein bekanntes und seit langer Zeit vielfach angewandtes Mittel, das Studium einzelner Spektralbezirke zu erleichtern, besteht darin, in den Strahlengang ein Filter einzuschalten, welches möglichst alle Farben, mit Ausahme der zu untersuchenden, absorbiert. Als solches Filter

kann eine gefärbte Glasplatte, ein gefärbtes Gelatineblättchen oder dergleichen dienen; auch ein Trog mit parallelen Glaswänden, der mit einer farbigen Flüssigkeit gefüllt ist, findet für diesen Zweck vielfach Verwendung. — Auf einen bisher noch nicht ausgenutzten Vorteil dieser Methode macht in einigen im 142. Bande der Comptes Rendus veröffentlichten Mitteilungen Herr Milan Stefánik aufmerksam. Herrn Stefánik ist es zunächst gelungen, das ultrarote Spektrum bis zur Wellenlänge $\lambda = 1\,\mu$ zu sehen. In einigen Fällen konnte sogar die Sichtbarkeitsgrenze noch weiter hinausgerückt werden. Als Filter benutzte Herr Stefánik bei diesen Versuchen Glastroge mit alkoholischen Lösungen von Chrysoidin, Malachitgrün, Anilinviolett oder auch mit Mischungen aus diesen Lösungen. Als Grenze der Sichtbarkeit wird gewöhnlich die Wellenlänge $\lambda = 795\,\mu\mu$ angesehen; diese Grenze wäre demnach um reichlich 200 $\mu\mu$ hinausgeschoben. Auch das ultraviolette Spektrum nimmt Herr Stefánik bei Verwendung eines mit alkoholischer Anilinviolettlösung gefüllten Troges bis einschließlich $\lambda = 383\,\mu\mu$ (statt $\lambda = 393\,\mu\mu$) deutlich wahr. Durch Vergleichung mit einigen von Herrn Millochau hergestellten photographischen Spektralaufnahmen gelangt Herr Stefánik zu der Überzeugung, daß die Empfindlichkeitsgrenzen für die Netzhaut und für die photographische Platte die gleichen seien. Herr Stefánik verwandte bei seinen Untersuchungen ein Spektrometer mit Glasprisma und Glaslinsen. Herr Stefánik glaubt, bei Ersatz des Glases durch ein für ultrarote und ultraviolette Strahlen durchlässigeres Material die Grenzen der Sichtbarkeit noch weiter hinausrücken zu können. — Solange diese Wahrnehmungen nicht von anderen Beobachtern bestätigt werden, muß meines Erachtens mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß diese Versuchsergebnisse des Herrn Stefánik einer anormalen Beschaffenheit seiner Augenmedien zuzuschreiben seien. Mi.



Eine neue Art Leidener Flaschen.

Es wird oft als recht störend empfunden, daß eine Leidener Flasche ihre Ladung allmählich verliert, und zwar um so schneller, je größer die Luftfeuchtigkeit in ihrer Umgebung ist. Die Feuchtigkeit, welche sich auf dem Glase niederschlägt, macht dessen Oberfläche leitend und ermöglicht so einen allmählichen Ausgleich zwischen den auf den beiden Belegungen angehäuften Elektrizitätsmengen.

Von diesem Übelstande soll eine neue Art Leidener Flaschen frei sein, die Herr Th. Tommasina konstruiert und am 15. Februar 1906 in der Sitzung der Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

vorgeführt hat. Mit Rücksicht auf das allgemeine Interesse, welchem dieser Apparat begegnen dürfte, möchte ich der kurzen Beschreibung in den Archives des Sciences Physiques et Naturelles (4) 21, 539—540, 1906 einige Angaben entnehmen.

Herr Tommasina benutzt zwei möglichst regelmäßige zylindrische Gefäße von gleicher Wandstärke, deren Durchmesser so bemessen sind, daß das dünnere in dem dickeren Platz findet und zwischen beiden noch ein Luftraum von etwa 2 mm frei bleibt. Der innere Zylinder wird in dem äußeren in einer mit diesem konachsialen Stellung durch eine 3 bis 4 cm hohe Lage von Glaswolle festgehalten. Diese Glaswolle ist mit Schwefelsäure getränkt, wodurch die Glasoberflächen stets trocken gehalten werden. Der obere Rand des inneren Glases reicht über den des äußeren hinweg und ist nach außen über ihn hinausgebogen, ohne ihn indessen irgendwie zu berühren. Die Stanniolbelegungen sind auf die Außenseite des äußeren und die Innenseite des inneren Zylinders aufgeklebt. Die Innenbelegung ist selbstverständlich in geeigneter Weise mit einem Metallstab und daran befestigtem Knopfe zur Ladung und Entladung versehen. Auch ist das innere Gefäß durch einen Deckel verschlossen.

Im Hinblick darauf, daß diese neue Form der Leidener Flasche die Ladung unbegrenzt halten soll, hat ihr Herr Tommasina den Namen „Serbo-Kondensator" (serbare [ital.] = bewahren, erhalten) gegeben.

Mi.





Friedrich Neesen, die Physik in gemeinfaßlicher Darstellung für höhere Lehranstalten, Hochschulen und zum Selbststudium. Zweite vermehrte Auflage. — XI + 384 S. — 8° — Braunschweig 1905, Friedrich Vieweg und Sohn.

Dem vorliegenden Buche ist Popularität im besten Sinne des Wortes nachzurühmen. Der Verfasser ist bestrebt gewesen, die Gesamtheit der physikalischen Erscheinungen unter Berücksichtigung der neuesten Forschungsergebnisse in klarer und gemeinfaßlicher Darstellung dem Leser vor Augen zu führen, und dieses Streben ist im allgemeinen auch von Erfolg begleitet. — Indessen vermag ich mich nicht mit allen Einzelheiten einverstanden zu erklären: So erscheint es mir nicht zweckmäßig, für die Einheit von 10^{-6} mm die Bezeichnung μ einzuführen. Die Verwendung des μ für 10^{-3} mm und des $\mu\mu$ für 10^{-6} mm ist so allgemein verbreitet, daß die Benutzung von μ für 10^{-6} geeignet sein dürfte, Mißverständnisse und Unklarheiten hervorzurufen. — Ebensowenig vermag ich mich mit der Schreibweise „Amper" zu befreunden. Dieselbe erscheint mir ebenso verkehrt wie die vielfach übliche „Ampere". Will man für „Ampère" eine Abkürzung einführen, so dürfte sich „Amp." empfehlen. (Die Abkürzung „Volt" ist — leider — durch „Gewohnheitsrecht" sanktioniert.) — Eine recht große Anzahl von teilweise ernsten Druckfehlern dürfte bei der nächsten Auflage zu eliminieren sein. Ich erwähne nur, daß auf Seite 20 in der zweiten Gleichung der Nenner auf der rechten Seite „r" heißen muß (statt „m"), daß in der vorletzten Zeile der Seite 80 „Gases" statt „Gesetzes" zu lesen ist, daß in Gleichung (20.) auf Seite 228 der Index des letzten Gliedes im Nenner der rechten Seite „i" heißen muß statt „1", und daß auf Seite 252, Zeile 8 von unten „0,163" steht statt „0,168". — Durch eine Reihe durchgeführter Zahlenbeispiele wird das Verständnis entschieden gefördert. Das Beispiel 45 scheint mir indessen tatsächlichen Verhältnissen nicht zu entsprechen. — Zum Schluß möchte ich an die Verlagshandlung die Bitte richten, in der nächsten Auflage an Stelle der jetzt verwendeten gotischen Lettern lieber römische einzuführen. Die Brauchbarkeit des Werkes würde dadurch nur noch gewinnen. Mi.

Hans Witte. Ueber (sic!) den gegenwärtigen Stand der Frage nach einer mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen. — Berlin, E. Ebering G. m. b. H., 1906. — 232 S. 8° mit 14 Figuren und einer Tafel. — („Naturwissenschaftliche Studien", Heft 1.) —

Der Verfasser des vorliegenden Heftes hat sich der Aufgabe unterzogen, die Leistungen und die Aussichten der bisher vorliegenden sowie aller mög-

lichen, d. h. „auf Grund des gegenwärtigen Standes der Wissenschaft noch denkbaren“ mechanischen Theorien der Elektrodynamik zu einer vergleichenden Übersicht zusammenzustellen, gewiß ein dankenswertes Unternehmen!

Mi.

G. Jäger. Die Fortschritte der kinetischen Gastheorie. IX + 121 S. 8⁰. Braunschweig 1906, Friedrich Vieweg und Sohn. („Die Wissenschaft“, Heft 12).

In seiner bekannten klaren Darstellungsweise gibt der Verfasser in dem vorliegenden Werke eine kurze Übersicht über die Grundlagen der kinetischen Gastheorie und über die Entwickelung dieser Theorie bis zum heutigen Tage, eine Übersicht, welche ihren Zweck, auch den Nicht-Spezialisten eine einigermaßen gründliche Kenntnis dieses wichtigen Gebietes der theoretischen Physik zu vermitteln, voll und ganz erfüllen dürfte. Um den reichen Stoff in so verhältnismäßig eingehender Weise zu behandeln, wie es hier geschehen ist, und ihn dabei in die vorliegende knappe Form zu zwängen, bedurfte es der bewährten Meisterhand des Verfassers. Dieses Heft der schönen Monographiensammlung sei allen Interessenten angelegentlichst empfohlen. Mi.

Dr. Arnold Braß. Untersuchungen über das Licht und die Farben. I. Teil. Mit 70 Abbildungen. — 8⁰ — VI + 192 S. u. 6 Tafeln. — Osterwieck/Harz, 1906, A. W. Zickfeldt.

Aus einer großen Reihe von Beobachtungen sucht Verfasser das Wesen des Lichtes und der Farben zu ergründen. Dabei gelangt er zu dem Schlusse, daß eine Erklärung des Lichtes durch Wellenbewegung des Äthers nicht angängig sei. Eine eigene Hypothese zum Ersatz für die bisherigen stellt Verfasser in dem vorliegenden ersten Teil seines Werkes nicht auf. Ich muß gestehen, daß ich mich außer stande sehe, den Ausführungen des Autors beizupflichten, und ich glaube auch, daß es vielen Fachgenossen ebenso ergehen wird. Indessen, was heute als unumstößliche Wahrheit gilt, wird morgen als unbrauchbare und unhaltbare Hypothese zum alten Eisen geworfen und umgekehrt! Wurde doch ein Galilei von seinen Zeitgenossen als Ketzer und Wahnwitziger verdammt!

Es liegt mir vollkommen fern, dem Verfasser die Berechtigung zur Behandlung seines Themas streitig machen zu wollen. Dennoch fühle ich mich veranlaßt, Front zu machen gegen eine Behauptung, durch die er diese Berechtigung zu begründen sucht. Herr Braß schreibt nämlich in seinem Vorwort: „James Watt, Herschel, Fraunhofer, Faraday und zahlreiche andere waren Laien, welche einzig und allein durch erfolgreiches Streben nach Erkenntnis in die Reihen der namhaftesten Forscher einrückten.“ Nein! Diese Männer waren keineswegs Laien! Als sie ihre wertvollen Arbeiten auf physikalischem Gebiete ausführten, waren sie voll und ganz Naturwissenschaftler. Eben durch ihr erfolgreiches Streben nach Erkenntnis waren sie dazu geworden, wenngleich sie früher anderen Berufsarten angehört hatten. Mit gleichem Rechte könnte man sonst einen Helmholtz, einen Heinrich Hertz zu den Laien zählen. Mi.

Berliner Akademische Wochenschrift. Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Franke), Berlin.

Den Studierenden und Hörern der Berliner Hochschulen und schließlich

jeglichem Freund akademischer Bildung sind so viele und vielerlei Möglichkeiten des Erwerbes von Wissen und Können in Berlin dargeboten, daß eine ständige Verzeichnung all dessen unentbehrlich geworden ist. Neben der Förderung der Studienzwecke durch Auskünfte auf wissenschaftliche Anfragen kommt diesem Bedürfnisse die an der Berliner Universität bestehende „Akademische Auskunftsstelle“ entgegen. Gegenüber den immer wiederkehrenden Anfragen und der starken Inanspruchnahme dieses Instituts ist eine publizistische Ergänzung ihrer Tätigkeit notwendig geworden. Deshalb hat die genannte Auskunftsstelle die Herausgabe einer Zeitschrift unternommen, die jenen Bedarf in umfassender Weise decken soll. Das neue Blatt erscheint vom 15. Oktober d. J. an wöchentlich an jedem Montag unter dem Titel „Berliner Akademische Wochenschrift“. Den verschiedentlichen Mitteilungen, hauptsächlich nach den bestehenden Hochschulen, Fakultäten usw. gruppiert, und durch Bücherschau, Zeitungsschau u. dgl. m. ergänzt, gehen Aufsätze voran, in denen je ein Thema des akademischen Bildungswesens zusammenfassend erörtert und das Bedürfnis des Bildungsjüngers nach näherer Führung auf seinen Studienwegen befriedigt wird. Der Einführungsartikel weist auf die Notwendigkeit hin, dem Studierenden das Zurechtfinden auf dem ihm erschlossenen weiten Felde zu erleichtern, und kennzeichnet die Ausdehnung und Beschaffenheit dieses Feldes. Dabei steht zwar die Universität im Vordergrund. Allein die übrigen Hochschulen, einschließlich der künstlerischen, weiterhin die freien Stätten höherer Bildung, und selbst die Verbindungen zwischen dem hohen und dem niederen Lehrwesen fehlen dabei nicht. Neben den von der Redaktion der „Berliner Akademischen Wochenschrift“ selbst ausgehenden Aufsätzen werden auch solche von hervorragenden Vertretern der akademischen Bildungswelt über die ihnen nächstliegenden Fragen erscheinen. So bietet die neue Zeitschrift ihren weitreichenden Inhalt nicht nur dem Studenten dar, sondern auch jedem, der sich für Kenntnis und Benutzung der hier vorhandenen Bildungsmöglichkeiten interessiert, nicht zuletzt den an ihnen beteiligten Vereinen, Lesehallen usw. Anfragen und Wünsche, an die Redaktion gerichtet, sollen teils im Briefkasten beantwortet, teils zu einer weiteren Vervollkommnung des Blattes verwertet werden.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H. Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Zur Entwickelungsgeschichte der Zeitmessung und der Kreiseinteilung.

Von Prof. **Wilhelm Foerster** in Berlin-Charlottenburg.

Anknüpfend an meine, im letzten April-Hefte dieser Zeitschrift veröffentlichten Mitteilungen (Zuverlässige Zeitangaben und ihr sozialer Wert) sind aus dem Leserkreise Bemerkungen und Anfragen an mich gelangt, welche mich veranlassen, in betreff der geschichtlichen Entwickelung der Zeitangaben und der mit der Zeitmessung in naher Verbindung stehenden Kreiseinteilung sowie des Bezeichnungswesens in diesen Einrichtungen einige Erläuterungen darzubieten.

Die von der Natur gegebene Zeiteinheit war der Tag oder, wie die Alten es genauer ausdrückten, der Nacht-Tag, d. h. der Zeitraum, in welchem sich eine Drehung der Erde vollendet.

Annäherungsweise wurde diese Zeiteinheit bemessen durch die Wiederkehr einer und derselben Stellung der Sonne zum Horizonte, also ihres Aufganges oder ihres Unterganges oder ihres Durchganges durch die Mittagsebene, nämlich durch diejenige lotrechte Ebene, in welcher die Sonne jeweilig ihre größte Höhe über dem Horizonte erreichte und den kürzesten Schatten warf.

Schon in der Zeit der griechischen Astronomie wußte man, daß diese durch die Wiederkehr bestimmter Sonnenstellungen zum Horizonte begrenzte Zeiteinheit nicht von so vollkommener Regelmäßigkeit und Beständigkeit war, wie die Zeitdauer einer Umdrehung der Erde selber oder einer scheinbaren Umdrehung des Sternhimmels. Denn infolge der Wanderung der Erde um die Sonne und infolge der schrägen Stellung der Erdachse zu der Bahnebene dieser Wanderung änderte sich während des Verlaufes einer vollen Umdrehung der Erde der Ort der Sonne am Himmel derartig, daß die Bemessung der Zeiteinheit durch die Wieder-

kehr ihrer Stellungen zum Horizonte eines und desselben Beobachtungsortes ein veränderliches Maß lieferte.

Aber schon früh, nämlich jedenfalls schon in der griechischen Astronomie, und allmählich immer vollständiger und genauer hat man diese Veränderungen und ebenso die Besonderheit der Zeitdauer der Wiederkehr einer und derselben Stellung der Fixsterne zum Horizonte in Rechnung zu stellen gelernt, so daß man aus der bloßen Beobachtung der Wiederkehr derselben Stellungen der Sonne und der Sterne zum Horizonte die Zeiteinheit allmählich mit immer größerer Sicherheit zu bestimmen vermochte.

Die Beständigkeit der von der Umdrehungsdauer der Erde uns dargebotenen Zeiteinheit ist aber von einer so großen Vollkommenheit, daß wir bis jetzt mit Sicherheit noch keine Veränderung derselben nachzuweisen vermochten.

Mit der geordneten und zusammenfassenden Zählung solcher Tageseinheiten (der Chronologie) haben sich im Anschlusse an die Wiederkehr derselben Mondgestalten (Monatsdauer) und an die Wiederkehr derselben Sonnenstellungen an der Himmelsfläche (Jahresdauer) schon die frühesten Kulturstufen beschäftigt. Aber nicht von der chronologischen Tageszählung, sondern von der geschichtlichen Entwickelung der Einteilung und Ausmessung der Tageseinheit sowie von der vermöge der Bewegungen der Erde in Verbindung damit entwickelten Kreiseinteilung soll hier in Kürze die Rede sein.

Die ersten Schritte geordneter Einteilung der Zeiteinheit sind offenbar mit Hilfe der tagtäglichen Veränderungen der Schattenrichtungen und Schattenlängen erfolgt. In der Nachtzeit, wo es nur in besonderen Zeiten Schattenwerfungen durch den Mond und höchst selten durch ein anderes sehr helles Gestirn gab, war zunächst ein Bedürfnis nach Zeiteinteilung offenbar nicht in dem Grade vorhanden, wie in derjenigen Tageszeit, in der die Schatten werfende Sonne über dem Horizonte stand. Auch gaben die Aufgänge und Untergänge der zahlreichen helleren Gestirne in der Nachtzeit für besondere Zwecke nächtlicher Zeitangaben gerade bei den Urvölkern mancherlei Anhaltspunkte, die schon früh zweckmäßig ausgenutzt wurden.

Bei dem in den Klimaten der ältesten Kultur sehr beständigen Sonnenschein hatte man es bald herausbekommen, zu welcher Tageszeit eine bestimmte Länge des eigenen Schattens in der betreffenden Jahreszeit ungefähr gehörte, und es war daher naheliegend, im gewöhnlichen Leben die Tageszeit nach der Länge des Schattens eines Menschen anzugeben, wie es auch noch in den Zeiten des Aristophanes geschah, wo jemand in einem Lustspiel auf eine zehnfüßige Länge seines Schattens

zu Tisch eingeladen war. Es kam dabei der Genauigkeit der Angabe zugute, daß man seine eigene Schattenlänge mit den eigenen Füßen, deren Länge bekanntermaßen ein gewisses mittleres Verhältnis zur Körperlänge hat, ausschreiten konnte, nachdem man sowohl die Stellung der Fußabsätze als das Ende des Schattens durch Vergleichung mit unbeweglichen Gegenständen im Terrain markiert hatte.

Eine höhere Entwickelungsstufe der Tageseinteilung bedeuteten die lotrechten Schattensäulen, bei denen zugleich die mittäglichen kürzesten Schattenlängen zu geographischen und astronomischen Bestimmungen dienen konnten, und bei denen die tägliche Drehung der Schattenrichtung, infolge der Bewegung der Sonne vom Aufgange zum Untergange, die jeweilige Tageszeit auf eingeteilten konzentrischen Kreisen, die den Fuß der Schattensäule umgaben, abzulesen gestattete.

In den technisch bereits höher entwickelten griechischen und römischen Kulturzeiten ergab dann ein Tafelanschlag (ein sogenanntes Parapegma) die nötigen Erläuterungen betreffs der in den verschiedenen Jahreszeiten zu den verschiedenen Tageszeiten gehörigen Schattenrichtungen. Geordnete Einrichtungen dieser Art waren im römischen Reiche bis in die entferntesten Provinzen hinein verbreitet und wurden in gewissen Kulturmittelpunkten auch zu sorgfältigen Messungen geographisch-astronomischer Art benutzt.

Die auf diese Weise aus der Schattensäule hervorgegangene Sonnenuhr wurde auch schon früh dadurch weiter vervollkommnet, daß man die schattenwerfenden Säulen- oder Stabgebilde nicht lotrecht, sondern parallel zu der scheinbaren Drehungsachse des Himmelsgewölbes, d. h. zur Erdachse aufstellte, nämlich nach dem Ruhepunkte oder Pol der scheinbaren Drehung des Sternhimmels richtete und dann den eingeteilten Kreis, an welchem man nun die Tageszeiten der Drehungswinkel der Schattenwerfung unabhängig von der Jahreszeit übereinstimmend ablesen konnte, in einer dem Himmels-Äquator entsprechenden Ebene anfügte.

Als die Kultur sich dann mehr in diejenigen Zonen der Erde verbreitete, in denen für eine Sonnenuhr der Sonnenschein selber am Himmel viel öfter versagte als in den Klimaten der ältesten Kultur, trat die Notwendigkeit eines anderen Verfahrens der Stundenmessung auch während des Tages immer dringender hervor.

In den griechisch-römischen und noch weiter vorangehenden Zeiten hatte man an manchen Stellen auch während der Nachtstunden schon das Bedürfnis nach mechanischen Hilfsmitteln der Zeiteinteilung, nicht bloß bei den astronomischen Messungen, sondern auch zu anderweitigen Zwecken gefühlt. Und so war denn sicherlich schon in sehr frühen

Zeiten hochentwickelter wissenschaftlicher und technischer Arbeit in Babylon und in Ostasien der Versuch gemacht worden, gleichmäßige Bewegungen irgend welcher Art im Anschlusse an die Drehungserscheinungen des Himmels zur feineren Zeiteinteilung in den Nachtstunden und in solchen Tageszeiten, in denen die Sonnenuhren versagten, sowie in geschlossenen Räumen zu verwerten. Solche nahezu gleichmäßigen Veränderungen lernte man kennen in dem langsamen Sinken eines Flüssigkeitsspiegels in einem gleichmäßig weiten Gefäß beim Ausströmen der Flüssigkeit aus engen Öffnungen, ebenso in dem Ausfließen von feinkörnigem Sande. Sehr bald erkannte man dabei als eine Bedingung der für die Messungsaufgabe wichtigen Gleichförmigkeit des Ausfließens, daß der Druck, unter welchem der Ausfluß stattfand, konstant blieb. Man mußte dann auf die Messung durch das Herabsinken des Flüssigkeitsspiegels verzichten, vielmehr den Flüssigkeitsstand durch Zufluß in möglichst selbsttätiger und stetiger Weise, trotz des Ausflusses, unverändert erhalten. Die Zeitbestimmung erfolgte dann durch den Verlauf der Ausflußbewegung, nämlich durch die Messung der Menge des ausgeflossenen Stoffes, also z. B. durch das Emporsteigen des Flüssigkeitsspiegels in dem tiefer liegenden Gefäße, in das der Ausfluß nach abwärts geleitet wurde, oder durch die Wägung der Menge der ausgeströmten Flüssigkeit.

Aus den einfachsten Sand- und Wasseruhren, bei denen man lediglich aus einem bis zu bestimmter Höhe gefüllten Gefäße durch eine kleine Öffnung Sand oder Wasser bis zu Ende ausströmen ließ und dann die Anzahl der unablässig aufeinander folgenden Füllungen und Entleerungen entweder selber zählte, oder durch einen Apparat selbsttätig zählen ließ, wurden so allmählich sehr zusammengesetzte und verfeinerte Zeitmessungseinrichtungen, wahre Kunstwerke technischer Vollendung, von denen die während des Ausströmens bestimmter, nach Raumgehalt oder Gewicht gemessener Flüssigkeitsmengen verlaufende Zeit auch schon durch Zifferblätter angegeben wurde. Wasseruhren haben zweifellos in Babylon bei den nächtlichen Beobachtungen zwischen Sonnen-Untergang und -Aufgang zur Zeitmessung gedient, und sie haben nach dem Zeugnis der damit angestellten Beobachtungen selbst um die Mitte der Nachtzeit Bestimmungen mit der Genauigkeit von Zehnteln der Stunde geliefert und sicherlich in kürzeren Zeiträumen, in denen ihre Angaben an die Zeitpunkte der nächtlichen Auf- und Untergänge von Gestirnen angeschlossen wurden, auch kleinere Bruchteile der Stunde mit der Genauigkeit von ganzen Zeitminuten zu bestimmen ermöglicht.

Die Kontrollen solcher mechanischen Zeitmessungen waren in der Tat gerade in der Nacht dadurch erleichtert, daß man die Zwischenzeiten zwischen den Aufgängen und Untergängen einer größeren Anzahl von

hellen Gestirnen, deren Winkelabstand voneinander man auch durch eingeteilte Kreisbogen messen konnte, zur Verfügung hatte, da man bei geeignetem freien und regelmäßig verlaufenden Horizonte solche Auf- und Untergänge sicherlich bis auf Bruchteile der Zeitminute genau beobachten konnte.

In den nördlichen Zonen versagten natürlich, ebenso wie die Sonnenuhren, auch die Wasseruhren sehr häufig, und zwar durch das Herabsinken der Temperatur unter den Eispunkt, unterhalb dessen auch andere Flüssigkeiten als Wasser Schwierigkeiten bereiteten. An die Stelle der Sonnenuhren und der Wasseruhren traten dann etwa vom 12. Jahrhundert n. Chr. die bloßen Räderuhren, in denen die Schwere von Gewichtsstücken Rollen- und Zifferblatt-Werke in derselben Weise drehte, wie jetzt noch die Zuggewichte an unseren Pendeluhren wirken könnten. Es fehlte aber bis zum 17. Jahrhundert das regulierende Pendel, so daß jene Räderuhren nicht so genaue Angaben lieferten wie die besten Wasseruhren, obwohl man den Räderuhren durch Regulierung der Widerstände der Rollenwerke und auch durch Einschaltung von Hebelwerken, denen die Triebkraft des herabsinkenden Gewichtes hin- und hergehende Bewegungen zwischen bestimmten Anschlagsgrenzen erteilte, allmählich größere Genauigkeit zu geben suchte.

Endlich ersann dann Galilei in seinen letzten Lebensjahren die Pendeluhr, ohne daß jedoch sein Projekt allgemeiner bekannt wurde, und unabhängig von ihm schuf dann bald nach der Mitte des 17. Jahrhunderts der große holländische Astronom und Mathematiker Christian Huyghens die Pendeluhr und die Spiralfederuhr, welche letztere jetzt den Typus der tragbaren Uhren, einschließlich der feinsten Chronometer, bildet.

Wir wenden uns nun zu der Entwicklungsgeschichte der Einteilungsform der Zeiteinheit und des Kreises.

Es lag nahe, daß man anfangs die Einteilung der Nacht von derjenigen des Tages gesondert behandelt hat; weil man eben, in den frühesten Entwickelungsstufen, am Tage überwiegend mit Schattenbeobachtungen und in der Nacht entweder mit Aufgangs- oder Untergangs-Beobachtungen von Sternen oder mit künstlichen Hilfsmitteln die Messung und Einteilung bewirkte. Daß dann dennoch die Einteilung der Nacht und des Tages zahlenmäßig und bezeichnungsmäßig übereinstimmend ausgeführt wurde, erklärt sich wohl dadurch, daß in den Regionen der ältesten Kultur gleichmäßiger als in unseren Zonen der Tag und die Nacht nahezu der Hälfte der ganzen Tageslänge entsprachen.

So wurde dann ebensowohl die Zeit von Sonnen-Untergang bis -Aufgang, als auch die Zeit von Sonnen-Aufgang bis -Untergang in je zwölf

Teile oder sogenannte Zeit-Stunden geteilt. Solange nun die Einteilung des Tages sich noch mit Schattenlängen und Schattendrehungen oder mit wenig entwickelten technischen Einrichtungen, also im gewöhnlichen Leben mit Zeitschätzungen behalf, waren die Verschiedenheiten zwischen den Längen der zwölf Tagesstunden und der zwölf Nachtstunden in verschiedenen Jahreszeiten ziemlich unerheblich, da ja die Sonnen-Aufgänge und -Untergänge die Haupt-Einteilungsstufen der Einheit bildeten. Mit weiteren Fortschritten der Zeit-Einteilung und des Uhrenwesens hat man dann die gesonderte Behandlung des lichten und des dunklen Tagesabschnittes aufgegeben, ohne jedoch von der ungefähren Stundenlänge, die ein Zwölftel der ungefähren Tageshälfte betrug, in der Gewohnheit abzugehen, da diese Zeitstufe trotz ihrer früherhin etwas veränderlichen Größe sich natürlich in Arbeit und Verkehr fest eingebürgert hatte, und so haben wir denn jetzt eine 24stündige Tageseinteilung mit einer 12stündigen Zifferblatteinteilung, in der gewissermaßen noch die alte gesonderte Einteilung der beiden Tagesabschnitte verkörpert geblieben ist.

Zum Verständnis der Einteilung in zwölf Stunden und weiterhin der Stunde in Sechzigstel (Zeit-Minuten), sowie der fortgehenden Einteilung dieser Sechzigstel wiederum in sechzig Teile (Zeit-Sekunden usw.) wollen wir nun in aller Kürze die Entwickelungsgeschichte der Einführung der Zahlen 12 und 60 in die Einteilungen und Bezeichnungen auf dem vorliegenden Gebiete nachholen.

Da ist zunächst von der Einteilung des Kreises in 360 Teile oder Grade und von der zugehörigen Einteilung und Bezeichnung der Winkelgrößen zu reden. Es lag bei dem Entstehen geordneter Vorstellungen und Einrichtungen auf dem Gebiete des Zählens und Messens, wobei, wie wir oben gesehen haben, die Einfachheit, Beständigkeit und Regelmäßigkeit der Himmels-Erscheinungen und -Bewegungen die wesentlichsten Antriebe und Hülfsmittel lieferten, den Menschen sehr nahe, für die Einteilung des Umkreises die Beziehungen zwischen den drei Grundformen der Zeitbestimmung zum Ausgangspunkte zu nehmen.

Die drei oben näher gekennzeichneten chronologischen Grundformen waren aber die tägliche Umdrehung des Himmels, ferner die Lichtperiode des Mondes und die Periode der jährlichen Sonnenbewegung. Der letztere Umkreis vollendete sich in $365^1/_4$ Tagen. Es gab also dementsprechend in sehr früher Zeit eine Kreiseinteilung in $365^1/_4$ Grade. Obgleich diese Einteilungsform, wie es scheint, in Ostasien eine gewisse chronologische Geltung gehabt hat, mußte sie sich doch für die Angabe und die Einteilung der Winkelgrößen als sehr unzweckmäßig erweisen. Ein Viertelkreis oder rechter Winkel u. a. umfaßte in dieser Einteilung nahezu

$91^{1}/_{3}$ Grad. Es mußte aber ratsam erscheinen, eine runde Zahl mit möglichst vielen aufgehenden Teilern an die Stelle jener in gewissem Sinne natürlichen Einteilung zu setzen. Hierzu hat dann das sogenannte Mondjahr die Handhabe geliefert. Das Sonnenjahr umfaßte nämlich etwas mehr als 12 Lichtmonate, genauer betrugen diese 12 Lichtmonate, die man zu einem sogenannten Mondjahr zusammenfaßte, $354^{1}/_{3}$ Tage.

Es traf sich nun merkwürdig, daß diese dem Sonnenjahr am nächsten kommende Tageszahl, die einer vollen Anzahl von Lichtmonaten entsprach, sehr nahe um ebensoviel hinter der Zahl 360 zurückblieb, als die Zahl der Tage des Sonnenjahres die Zahl 360 überstieg.

In der Tat ist der Mittelwert zwischen der Dauer des Sonnenjahres und der Dauer des Mondjahres zu 12 Monaten nur um $^{1}/_{5}$ Tag von 360 verschieden. Eine uns völlig glaubhaft überlieferte kosmische Mythe aus altägyptischer Zeit läßt auch wirklich erkennen, daß in Verbindung mit der Neigung der ältesten Wissenschaft und Naturphilosophie zu harmonistischer Spekulation der Gedanke entstanden war, sowohl das Sonnenjahr als das sogenannte Mondjahr seien in ihrer derzeitigen voneinander verschiedenen Dauer nur als Abirrungen von der eigentlichen und ursprünglichen kosmischen Gesetzlichkeit zu betrachten, nach welcher sowohl das Sonnenjahr als das Mondjahr die Länge von genau 360 Tagen in dem idealen und rhythmisch-harmonischen Weltlauf gehabt hätten.

Nach der vorerwähnten kosmischen Mythe, die uns Plutarch berichtet, wäre nämlich ein Sonnenjahr von rund 365 Tagen und ein Mondjahr von rund 355 Tagen aus dem ursprünglichen gemeinsamen und gleichen Wert von 360 Tagen auf folgende Weise entstanden. Die beiden göttlichen Personifikationen des Sternenraumes und der Sternenzeit hatten sich in Liebe und Ehe verbunden. Die Sonne aber hatte sich geweigert, für das Inslebentreten der Früchte dieser Verbindung Tage aus ihrem Zyklus herzugeben. Es war dann nichts anderes übrig geblieben, als daß eine vermittelnde Gottheit der Mondgöttin im Spiele fünf Tage abgewann, an denen die fünf Kinder jener Verbindung, nämlich die fünf Planeten, geboren werden konnten. Dieser Auffassung entsprach es auch, daß in der altägyptischen Chronologie die Einteilung des Sonnenjahres derartig war, daß es sich zusammensetzte aus einer Art von Idealjahr von 12 Monaten zu je 30 Tagen, mit Hinfügung von fünf sogenannten „Zusatztagen". Und diese fünf Zusatztage waren den fünf Wandelsternen gewidmet, die mit der Sonne und dem Monde zusammen die heilige Siebenzahl der bewegteren Gestirne bildeten, nämlich Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn.

Natürlich empfahl sich die Zahl 360 nicht bloß als der Mittelwert

zwischen dem wirklichen Sonnenjahr und dem wirklichen Mondjahr, sondern auch dadurch, daß diese Zahl für alle Winkeleinteilungen den großen Vorzug besaß, sowohl durch alle Grundzahlen der harmonischen Konsonanzen 2, 3, 4, 5, 6, als auch noch durch 17 andere Zahlen aufgehend teilbar zu sein.

Selbstverständlich wurde zugleich für das als „ursprünglich" erachtete ideale Verhältnis der Dauer des Lichtmonats zum idealen Sonnenjahr die Zahl 12 ebenfalls als eine harmonistische Grundzahl geprägt, wobei natürlich der rechnerische Vorteil, daß sie auch durch die Zahlen 2, 3, 4, 6 teilbar war, ebenfalls ins Gewicht fiel.

In diesen beiden, aus der harmonistischen Entwickelung der Himmelsforschung sowie aus mathematischen Gesichtspunkten hervorgegangenen Grundzahlen 360 und 12 besitzen wir seitdem die Grundlagen aller Einteilungsformen der Winkelmessung und der Zeitmessung.

Zunächst entstand aus der Zahl 360 selber die Neigung, bei der feineren Einteilung des 360. Teiles des Umkreises nicht die aus der Zehnzahl der Finger hervorgegangene uralte dezimale Anordnung des Zifferwesens als Einteilungsgrundlage anzunehmen, sondern die Zahl 60, die wiederum für Rechnungsoperationen mit den einfachsten und anschaulichsten Teilungen nach den Bruchzahlen $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ usw. Vorzüge vor den Zahlen 10, 100 usw. darbot. Mit der Einführung der Zahl 60 als Einteilungszahl der Grade ging es so zu: Bei dem Übergange von Richtungs- und Winkelmessungen auf die räumlichen Verhältnisse, d. h. auf die Ausdrücke von Abständen und Bewegungen in linearem Maße, wurde es unumgänglich, die Beziehungen zwischen Richtungsunterschieden oder Winkelgrößen einerseits und andererseits den Seitenlängen in den durch gerade Linien bei bestimmten Richtungsunterschieden gebildeten Figuren in möglichst einfache Verhältnisse zu den zahlenmäßigen Ausdrücken der Winkelmessungen in Graden zu bringen. Dabei war das Verhältnis der Länge des Halbmessers eines Kreises zu der durch den Kreisumfang bestimmten Länge ein wesentliches Bestimmungsstück. Es ergab sich durch Messungen und durch feinere mathematische Deutung derselben, daß die Länge des Halbmessers sich von der Länge des sechsten Teiles des Umfanges des Kreises nur um ungefähr den 21. Teil der Länge des Halbmessers unterscheidet, so daß häufig genug annäherungsweise der Halbmesser des Kreises gleich dem 6. Teil des Umfanges oder gleich der Länge von 60 Graden gesetzt werden konnte.

Da nun also die Länge desjenigen Kreisbogens, welcher der Länge des Kreishalbmessers entsprach, der runden und mathematisch bequemen Zahl 60 nahe kam, ähnlich wie die Länge des Sonnenjahres der Zahl 360, teilte man nun auch den Halbmesser in 60 Teile ein, so daß die

Länge eines dieser Teile, gewissermaßen der Halbmessergrade, mit entsprechender Annäherung gleich der Länge eines Kreisgrades war. Daß man nun bei der weiteren Einteilung dieser Gradeinheiten, sowohl beim Kreise als beim Halbmesser, auch wieder mit sechzig und nicht mit zehn, hundert usw. teilte, ist eine ziemlich erklärliche Folge der ganzen Bedeutung, welche die Zahl Sechzig in allen diesen Gedankenverbindungen gewonnen hatte. Hierbei wirkte vielleicht noch der Umstand mit, daß diese Zahl schon sehr früh auch als Näherungswert für das Verhältnis der Entfernung des Mondes von der Erde zum Halbmesser der Erde gefunden wurde, und daß, was vielleicht noch wichtiger war, auch das Sechzigstel der Monatslänge ein ziemlich einfaches Verhältnis zu der Hälfte der fundamentalen Zeiteinheit hatte, nämlich sehr nahe einen halben Tag betrug, sowie endlich daß ein Sechzigstel von der Dauer des kleinsten Schaltzyklus der Mondchronologie, nämlich des Doppelmonats zu 59 vollen Tagen, jener fundamentalen Einheit selber, nämlich der Tageslänge, nahezu entsprach. Noch mehr: In sechsmal sechzig Monaten oder 30 Mondjahren konnte man bei einer bestimmten Folge von Monaten zu 29 und solchen zu 30 Tagen sehr genau eine volle Anzahl von Tagen unterbringen (Schaltzyklus). Auf allen diesen Grundlagen hat sich alsdann die rechnerische Kunst in der Astronomie sehr folgerichtig und sinnreich entwickelt. Der sechzigste Teil eines Grades, sowohl des Kreises als des Halbmessers, hieß die erste „verminderte" Einheit (lateinisch minuta prima); der sechzigste Teil dieser Einheit hieß die zweite „verminderte" Einheit (minuta secunda) usw. Daraus ist denn in unserm Sprachgebrauche mit der eigentümlichen Laune, die sich vielfach in solchen Sprachgewohnheiten zeigt, für die zweite „verminderte" Teilungseinheit der Name „Sekunde", aber für die erste „verminderte" Teilungseinheit nicht der zugehörige Ausdruck „Prime", sondern schlechtweg „Minute" entstanden. Man ist auch im allgemeinen in der späteren Entwickelung der Winkel- und Zeitmessungstechnik nicht unter die Sekunde der Sechzigteilung hinabgegangen, hat vielmehr später die Sekunde lediglich dezimal eingeteilt.

In der Dezimaltechnik, in der die Zahl 10 (manchmal auch die Zahl 100) die Stelle der 60 einnimmt, beträgt die erste „verminderte" Teilungseinheit $^1/_{10}$, die zweite $^1/_{10}$ von $^1/_{10}$, also $^1/_{100}$ usw., und an Stelle besonderer Bezeichnungen für diese „verminderten" Teilungseinheiten wird, nach dem im alten Indien erdachten Prinzip des Stellenwertes, einfach die Reihenfolge der bezüglichen Ziffern von links nach rechts gesetzt, so daß die erste Stelle, rechts von den Einheiten, den Zehnteln, die zweite den Hunderteln usw. gehört, und da, wo in einer Teilungsstufe eine Angabe fehlt, dieses Fehlen ausdrücklich durch eine Null markiert wird.

Dieses Prinzip des Stellenwertes hatte man bei dem alten Rechnungswesen auf der Grundlage der Zahl 60 insofern auch eingeführt, als die Reihe der Sechzigstel von erster, zweiter usw. Ordnung auch von links nach rechts geschrieben wurde. Zuerst kamen die Zahlen der Grade, also der „unverminderten" Einheitsstufe, dann die Zahlen der ersten „verminderten" Einheitsstufe oder der Sechzigstel der Einheit (schlechtweg die Minuten) und diese Zahlengruppe, in der nur die Ziffernausdrücke 0 bis 59 vorkommen konnten, wurde dann als die Primengruppe mit einem Striche rechts oben bezeichnet, woher auch unsere Minutenbezeichnung stammt. (Dem entspricht auch die Gradbezeichnung ^{0}, durch welche die der ersten „verminderten" Teilungseinheit vorangehende Einheitsstufe des Grades gewissermaßen als die Minute „nullter" Ordnung gekennzeichnet wird.) Die dritte Gruppe enthielt die Anzahl der „verminderten" Teilungseinheiten zweiter Stufe, also der Einheiten von der Ordnung $^1/_{60}$ mal $^1/_{60}$ gleich $^1/_{3600}$ des Grades, oder nach unserm Sprachgebrauch die Sekunden, und der Ziffernausdruck an dieser Stelle, der auch nur die Ziffern 0 bis 59 enthalten konnte, wird mit zwei Strichen rechts oben gekennzeichnet usw.

Dieses ganze, wesentlich an die Himmelserscheinungen angeschlossene System hat sich bei der Kreiseinteilung und bei den entsprechenden Bezeichnungen beliebiger Winkelgrößen bis zur Gegenwart erhalten.

Die oben dargelegte, entsprechend fortgesetzte Sechzigteilung der Lineargröße des Radius und die in Sechzigsteln des Radius usw. ausgedrückten, in Tafeln gebrachten Angaben der zu bestimmten Winkeln gehörenden Lineargrößen (der Bogensehnen, des Sinus, des Cosinus usw.) wurden dagegen schon ganz allgemein fallen gelassen und durch das jetzt gebräuchliche dezimale Einteilungssystem ersetzt, und zwar bereits in derjenigen, sehr bald nach dem Zeitalter der Kreuzzüge eintretenden Entwicklungsstufe der rechnerischen Technik, in welcher von Indien her durch die Vermittelung der arabischen Wissenschaft unser gegenwärtiges Zählungs- und Bezeichnungssystem zunächst in Italien und sodann immer allgemeiner zur Einführung gelangte.

Die von den Begründern des metrischen Maß- und Gewichtssystems am Ende des 18. Jahrhunderts begonnene Einführung dieses letzteren Systems auch in die Kreis- und Winkeleinteilung, und zwar in der Form der Einteilung des Viertelkreises in 100 Grade und in der „fortgesetzten" Einteilung dieser Grade in Hundertel, beginnt sich nun auch allmählich in gewissen Gebieten der Wissenschaft und Technik durchzusetzen.

Das alte Einteilungssystem, obwohl es rechnerisch viel anstrengender und zeitraubender ist und auch zu Rechnungsfehlern mehr Anlaß gibt, wird sich voraussichtlich bei der hohen Bedeutung der Kontinuität in

dem großen astronomischen Schatz von Winkelmessungsergebnissen, die aus der Vergangenheit her in diesen Formen ausgedrückt sind, dauernd als Fundament gewisser Forschungsgebiete erhalten, während man in der beweglicheren Technik der unmittelbaren Ausführung und Anwendung der gewöhnlichen Winkelmessungen voraussichtlich auf die konsequente Durchführung des Dezimal-Einteilungsprinzips auch in den Winkelangaben übergehen wird, wie es jetzt schon in mehreren Kulturländern, unter andern auch in Süddeutschland, z. B. bei den gewöhnlichen Landvermessungen, immer allgemeiner geschieht.

Daß man, in Verbindung mit der oben dargelegten Entstehung der alten Kreis- und Winkeleinteilung alsdann auch die Stunde, die ja als das Zwölftel der Hälfte der Zeiteinheit auf Grund der in chronologischem Sinne als bedeutungsvoll erachteten Einteilungszahl 12 eingeführt worden war, nun selber in Sechzigstel (Zeitminuten) und diese Sechzigstel wiederum in je 60 Teile (Zeitsekunden) einteilte, ist nach demjenigen, was oben über die Entwickelung der Sechzigteilung gesagt wurde, sehr erklärlich.

Die Zwölfteilung des Zifferblattes hat aber neben jenem harmonistisch-astronomischen Ursprunge auch eine entschieden mathematische, und zwar im vorliegenden Falle mehr geometrische als arithmetische Bedeutung. Unsere Ablesung der Zifferblätter der Uhren, insbesondere deren Fernablesung, hat mit den Bezifferungen fast gar nichts mehr zu tun. Sie besteht, wie man sich leicht überzeugen kann, lediglich in einer Schätzung der Neigungswinkel der beiden Zeiger gegen die lotrechte und gegen die wagerechte Richtung, sowie gegeneinander. Man schätzt dabei, selbst auf große Entfernungen hin, wo man von den Ziffern gar nichts mehr erkennt, noch mit ausreichender Sicherheit die jeweilige Minutenangabe, und alle diejenigen Einrichtungen der Zifferblätter, durch welche dieses rein geometrische Bild der Zeigerstellung getrübt und gestört wird, sind nur törichte Schnörkeleien, wie insbesondere unsere gewöhnlichen, jetzt vielfach als besonders modern oder gar national betrachteten und, im Vergleich mit den durch ihre Geradlinigkeit viel geeigneteren römischen Zahlen, hierbei durchaus unzweckmäßigen phönizisch-arabischen Ziffern. Es ist aber einleuchtend, daß jenes so überaus bequeme und sinnreiche Schätzungsverfahren, welches aus der einfachsten geometrischen Beziehung zwischen den Zwölfteilungen und Sechzigteilungen des Umkreises in Verbindung mit den fundamentalen geometrischen Einteilungsabschnitten des Kreises, insbesondere den Viertelungen usw., hervorgeht, wesentlich in seiner, gerade für die Bedürfnisse des Verkehrs hinreichenden, aber auch nicht mehr entbehrlichen Genauigkeit der Minute beeinträchtigt werden würde, wenn man

die Zifferblätter in 24 Teile oder gar andererseits aus Dezimalfanatismus in zehn Teile teilen wollte.

Die Unterscheidung der Stundenbezeichnungen in den beiden zwölfstündigen Tagesabschnitten ist ja in der Tat eine Schwierigkeit, die aber bei der Zifferblattablesung selber gar nicht in Frage kommt, weil man sich doch nie darin irren wird, in welchem der beiden zwölfstündigen Tagesabschnitte man sich gerade befindet, solange die Sonne noch nicht durch immerwährende elektrische Beleuchtung ersetzt ist. Es werden also nur in Schrift, Druck und Sprechweise einfache und allgemein gültige Vereinbarungen zu treffen sein, um die Stundenangaben für den einen Tagesabschnitt in einfacher Weise und völlig sicher von denjenigen für den andern Tagesabschnitt zu unterscheiden. Bei Präzisionsuhren, insbesondere bei solchen, die nicht von fern abgelesen werden, kann man aber sehr wohl eine andere Einteilung statt der Zwölfteilung eintreten lassen.

Die dezimale Einteilung der Zeiteinheit, die rein rechnerisch in Verbindung mit der entsprechenden dezimalen Einteilung des Viertelkreises große Erleichterung gewähren könnte, wird vielleicht allmählich, aber wohl nur in den eigentlichen Gebieten der Zeitmessungstechnik zu einer allgemeineren Anwendung kommen. Die Übertragung von solchen Dezimalausdrücken auf die nicht bloß traditionellen, sondern für das bürgerliche Leben und den gewöhnlichen Verkehr wohl auch dauernd zweckmäßigen alten Einteilungsformen wird man den Technikern selber sehr wohl zumuten dürfen, so daß das Publikum nur mit den gewohnten Einteilungsformen befaßt zu werden braucht. Und in den gemischten Übergangsgebieten, in denen die beiden Arten von Interessen und Bedürfnissen zusammentreffen, wird man sehr leicht den beiden Seiten ein Genüge schaffen können durch Zusammenfügungen und gleichzeitige deutliche Sonderungen des Nebeneinander der beiden Arten von Einrichtungen und durch jegliche Art von Erleichterungen für die Vergleichung derselben, sei es für den unmittelbaren Anblick, sei es für den rechnerischen Übergang.

Es ist auch nicht undenkbar, daß die weitere Entwickelung der Angabe und Einteilung der Zeit im umfassenden Erdenleben dereinst auch diejenigen jetzigen Übergangsformen überwinden wird, in denen der Versuch in großen Zügen gemacht wird, die Ortszeiten zu unterdrücken zugunsten der ausschließlichen Geltung von Verkehrszeiten, welche nach ganzen Stunden zwischen gewissen Meridianen der Erde abgestuft sind. Auf die Dauer werden sicherlich auch diese Abstufungen von dem immer universeller entwickelten Verkehr, wie jetzt schon bei der Telegraphie, als unzweckmäßig empfunden werden, während die mit ihrer Geltung

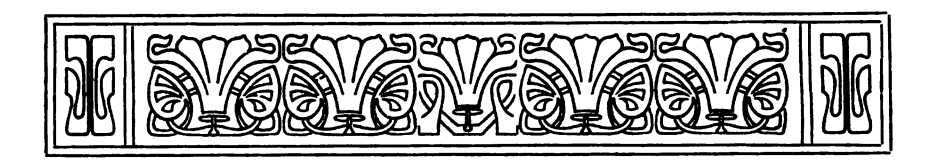
verbundenen, bis zu mehr als einer halben Stunde ansteigenden Vergewaltigungen der Ortszeiten ebenfalls auf die Dauer unerträglich erscheinen werden.

Für den großen Verkehr und eine erdumfassende Technik wird dann eine universale Weltzeit, die von dem Orte auf der Erde ganz unabhängig ist, zur Einführung gelangen, während daneben die an die natürlichen Lichtepochen sich nahe anschließenden Ortszeiten für die Zeiteinteilung im gewöhnlichen ansässigen Arbeits- und Erholungsleben wieder unbedrückt zur allgemeinen Geltung gelangen werden.

Das Nebeneinander und auch die Unterscheidung dieser beiden Formen der Zeitangabe, deren eine sich den natürlichen Lebensbedingungen anpaßt, während die andere sich von den bezüglichen Verschiedenheiten der örtlichen Bedingtheiten gänzlich loslöst, wird dann dauernd erleichtert und zugleich als eine Brücke für die Kontinuität zwischen der alten astronomisch-harmonistischen und der neueren spezifisch mathematischen Einteilungsform gesichert werden, wenn die Weltzeit ein der dezimalen Kreiseinteilungsform entsprechendes Einteilungs- und Bezeichnungssystem annimmt, während die Ortszeit die alten Stundenbezeichnungen und Einteilungen aufrecht erhält.

Solche Gedanken, die wohl gegenwärtig nur als Zukunftsmusik gelten können, haben vielleicht eine typische Bedeutung für die in der Kulturentwickelung der Menschheit immer bedeutsamer werdende Aufgabe der Harmonisierung ältester Geistesschöpfungen mit der Erfüllung der jeweiligen rationellsten Forderungen der Organe des Gemeinschaftslebens und der Welterforschung.





Die Bezwingung der „nordwestlichen Durchfahrt“.

Von **Dr. R. Hennig** in Berlin.

Eine Großtat der Polarforschung hat sich kürzlich unter unseren Augen vollzogen, deren Lorbeeren zwar nicht auf dem gewöhnlichen Gebiet, der Erreichung möglichst hoher nördlicher Breiten, blühten, wie sie z. B. auch Pearys letzte, soeben glücklich beendete Expedition mit Erfolg angestrebt hat, die aber ein seit bald vier Jahrhunderten von zahllosen Expeditionen erstrebtes Ziel zum erstenmal erreicht und ein altes, einst sensationelles Verkehrsproblem endlich zum völligen Abschluß gebracht hat. Die lange vergeblich gesuchte, von früheren Jahrhunderten so heiß ersehnte „nordwestliche Durchfahrt“, die Reise vom Atlantischen zum Stillen Ozean nördlich um Amerika herum, sie ist vor wenigen Monaten endlich forciert worden, und zwar durch die Expedition des Norwegers Roald Amundsen, die am 20. November nach fast $3^1/_2$ jähriger Abwesenheit nach ihrem Ausgangspunkt Christiania glücklich zurückgekehrt ist. So großartig die Leistung Amundsens nicht bloß für die erdmagnetische Forschung, sondern auch in ihrer rein geographischen Bedeutung ist, so wendet sich ihr freilich die öffentliche Aufmerksamkeit doch nur in bescheidenem Maße zu. Vor 80 oder auch noch vor 50 Jahren hätte man sie als eine epochemachende Tat gefeiert.

Wir können uns heut kaum noch eine Vorstellung davon machen, welche enorme Bedeutung man dereinst der Auffindung der nordwestlichen Durchfahrt (um Amerika herum) beimaß, nicht minder auch der nordöstlichen Durchfahrt (um Asien herum), die bereits 1878/79 von Nordenskjöld auf seiner berühmten „Vega“-Fahrt zum ersten und bisher einzigen Male erzwungen wurde. Um sich ein richtiges Bild hiervon in unseren Tagen zu machen, wo sich der Verkehr mit Ostasien so bequem durch den Suezkanal oder auch mit Hilfe der nordamerikanischen Überlandbahn vollzieht, muß man sich die Schwierigkeiten klar machen, welche dem Schiffsverkehr früherer Jahrhunderte die Fahrten nach China, Japan, Indien usw. bereiteten. Damals kam für derartige Reisen aus-

schließlich die lange und gefährliche Fahrt um Südafrika, ums Kap der guten Hoffnung, in Betracht, denn der von Magelhaens aufgefundene zweite Verbindungsweg um Südamerika herum war noch ungleich länger, schwieriger und gefährlicher und kam für einen ständigen Verkehr überhaupt nicht in Betracht. Da war es nun ganz natürlich, daß die Hoffnungen auf Auffindung eines neuen, bequemeren Weges sich den noch unbekannten und unerforschten Wasserstraßen im Norden Amerikas und Asiens zuwandten. Wer einen Blick auf den Globus wirft, kann erkennen, wie viel kürzer der Verkehr zwischen Europa und Asien sein würde, wenn wirklich brauchbare, ständig offene Wasserwege im Norden von Amerika oder Asien vorhanden wären. Heut wissen wir, daß diese Hoffnung eitel ist, aber in den Tagen des 16. und 17. Jahrhunderts, wo die nördlichen Grenzen der großen Kontinentalmassen noch gänzlich unbekannt waren, und selbst noch bis in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts, als die noch mangelhafte Kenntnis der Polargegenden die phantastische Idee aufkommen ließ, daß vielleicht in der Gegend des Nordpols selbst, nördlich der Grenzen des ewigen Eises, wieder ein mildes Klima herrsche und dauernd offenes Wasser zu finden sein könne, damals war es nur natürlich, daß die Blicke der europäischen, insbesondere also der englischen Handelswelt sich sehnsüchtig auf den Nordwesten und Nordosten richteten, in der Erwartung, dort vielleicht irgendwo eine Lücke in den Land- und Eismassen zu entdecken, welche einen regelmäßigen Schiffsverkehr zwischen den beiden großen Ozeanen gestatten würde.

Daß man im Nordosten keinen Erfolg haben würde, erkannte man schon nach den ersten mißglückten Expeditionen in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts. Dagegen erweckten die Fahrten nach dem Nordwesten zu wiederholten Malen und noch bis ins 19. Jahrhundert hinein die trügerische Erwartung, daß es doch vielleicht gelingen werde, den ersehnten Schiffsweg zu finden.

Ein Blick auf die Karte von Amerika zeigt, wie diese Hoffnung stets neue Nahrung erhalten mußte. Nördlich von Labrador, das als erster Punkt des amerikanischen Festlandes schon am 24. Juni 1496 von dem älteren Cabot entdeckt worden war, zieht sich die Hudson-Straße ziemlich genau nach Westen und mündet schließlich in die gewaltige Hudson-Bai, welche den Eindruck, als ob der langgestreckte Kontinent Amerika in diesen Breiten seine nördlichen Grenzen haben müsse, jahrzehntelang immer aufs neue erweckte, zumal große und breite, direkt nach Westen verlaufende Buchten, so vor allem der Chesterfield-Einlauf und der Wager River, immer wieder trügerische Hoffnungen wachriefen. Schon 1517 hatte der jüngere Cabot die Hudson-Straße entdeckt; die nördlich davon gelegene, breite Davis-Straße war von Davis 1585—1587

aufgefunden und durchforscht worden. Dann drang Hudson 1609 in die nach ihm benannte Bai vor, und nunmehr suchten mehr als zwei Jahrzehnte lang immer neue Forschungsreisen nach einem Ausweg aus diesem so verheißungsvoll anmutenden Wasserbecken, das sich aber schließlich dennoch als eine Sackgasse erwies. 1631 entdeckte Fox den nach ihm benannten Kanal, der tatsächlich die Hudson-Bai fortsetzte, aber nicht nach Westen, sondern nach Norden, in das eisstarrende Insellabyrinth der Polarzone, und damit wurde die Hoffnung auf die Möglichkeit einer nordwestlichen Durchfahrt für fast zwei Jahrhunderte begraben. — Die stets wachsenden Verkehrsbedürfnisse veranlaßten zwar 1743 die englische Regierung, einen Preis von 20000 Pfund für die Auffindung der nordwestlichen Durchfahrt auszuloben, aber erst als dieser Preis 1819 nochmals verkündet wurde, entwickelte sich unter der fälschlichen Vorstellung, daß man im höchsten Norden vielleicht die weiter südlich fehlenden freien Wasserstraßen finden könne, ein neues Forschen und Suchen nach der nordwestlichen wie auch der nordöstlichen Durchfahrt. Besonders trug zu dieser Erwartung die Tatsache bei, daß der jüngere Scoresby 1817 an der Nordostküste Grönlands unter $82^1/_2{}^0$ nördlicher Breite ein weites eisfreies Meer angetroffen hatte, wie es gerade im Norden Grönlands häufiger vorzukommen scheint; wurde doch dieses eisfreie Meer auch von der Expedition Kanes am 20. Mai 1854 gesichtet, und ganz neuerdings, im Frühjahr 1906, ist es auch von Peary wieder festgestellt worden, und zwar in einer Ausdehnung bis zu 86° nördlicher Breite.

Parry drang nun 1819/20 durch den Lancaster-Sund und die Barrow-Straße bis zur Melville-Insel und bis zum 113. Grad westlicher Länge vor. Roß durchforschte 1829—33 die Gegenden im Westen von Boothia Felix und entdeckte bei dieser Gelegenheit am Kap Adelaide den magnetischen Nordpol (1. Juni 1831). Inzwischen waren seit 1770 durch zahlreiche Landexpeditionen, die zumeist von einer Handelsgesellschaft, der Hudsonbai-Kompagnie, organisiert worden waren, die Küsten des nördlichen Amerika in ihrem Verlauf in fast allen Teilen festgelegt worden. Als dann der schauerliche Untergang der 138 Mann starken Franklin-Expedition (1845—50), der in der Gegend von King Williams-Land und der Mündung des Großen Fischflusses erfolgte, aber erst 1859 sicher festgestellt wurde, viele Jahre hindurch immer neue, umfangreiche Hilfsexpeditionen in die arktischen Zonen des nördlichen Amerika hineinzog, wurde endlich auch das Problem der nordwestlichen Durchfahrt wenigstens theoretisch und auf dem Papier gelöst.

Eine der Rettungsexpeditionen nämlich, die 1850 unter dem Engländer Mac Clure durch die Bering-Straße eindrang, gelangte am

26. Oktober 1850 von Westen her auf Schlitten an den Melville-Sund, den Parry früher schon von Osten her erreicht hatte, und war später, nachdem sie ihr Schiff bei Banks-Land verloren hatte, zu Fuß weiter ostwärts über das Eis vorgedrungen und schließlich mit einer anderen Hilfsexpedition, mit der sie zusammentraf, durch die Baffins-Bai 1854 wieder nach England zurückgekehrt. Mac Clure wurde auf Grund dieser Leistung als Entdecker der nordwestlichen Durchfahrt gefeiert und erhielt, trotzdem er sein Schiff nicht wiedergebracht hatte, einen Preis von 1000 Pfund für seine Tat.

Amundsen nun war jetzt der Erste und wird für lange Zeit auch wohl der Einzige bleiben, der, in umgekehrter Richtung wie Mac Clure, wirklich sein Schiff von einem Ozean zum andern Ozean geführt hat. Diese Leistung ist um so bewundernswerter, als die „Gjöa", Amundsens Expeditionsschiff, nur ein kleines Segelschiff von 48 Reg.-Tons war, das zur Aushilfe lediglich einen Petroleummotor an Bord hatte. Seit Jahrhunderten ist kein so kleines Expeditionsschiff mehr für Polarfahrten benutzt worden — um so rühmlicher ist der erreichte Erfolg! Amundsen durchfuhr im Sommer und Herbst 1903 der Reihe nach die Baffins-Bai, den Lancaster-Sund, die Barrow-Straße, den Peel-Sund, die Franklin-Straße und Roß-Straße und gelangte bis in den Süden von King Williams-Land, in dessen Nähe sich einst das Schicksal Sir John Franklins erfüllt hatte. Er hatte nicht gehofft, schon im ersten Jahre so weit zu gelangen, hatte jedoch ungewöhnlich günstige Eisverhältnisse angetroffen. Hier, im Süden von King Williams-Land, absichtlich in nicht allzu großer Nähe des magnetischen Pols, schlug die Expedition für 2 Jahre ihr Standquartier auf und benutzte diese Zeit zu unausgesetzten, systematischen, magnetischen Beobachtungen. 1905 ging die Fahrt längs der Küste des nordamerikanischen Festlands genau nach Westen weiter, doch fror die „Gjöa" vor Erreichung der Bering-Straße im Norden Alaskas noch einmal ein und mußte hier einen weiteren Winter verbringen, ehe es ihr gelang, den letzten Teil der Nordwestpassage zurückzulegen. Ganz zuletzt, im März 1906, starb leider noch einer der 8 Teilnehmer, ein Matrose, während die übrigen sämtlich wohlbehalten in die Heimat zurückgelangten.

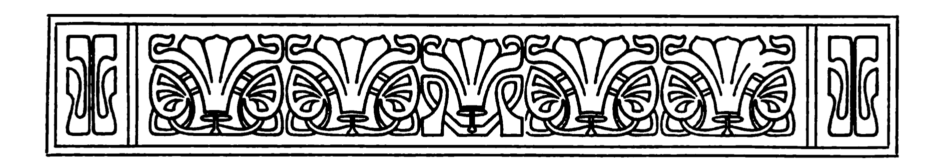
Die Fahrt Amundsens ist zwar vom Glück lebhaft begünstigt, doch werden hierdurch das hohe Verdienst und der kühne Mut der Teilnehmer nicht im mindesten geschmälert. Der Hauptzweck, den Amundsen verfolgte, war die Erforschung der magnetischen Zustände in der Nähe des magnetischen Pols; die Erzwingung der nordwestlichen Durchfahrt war nur als nebensächliche Eventualleistung in das Arbeitsprogramm mitaufgenommen worden. Da auch sie neben allen anderen wissenschaft-

lichen Zielen der Reise glücklich erreicht worden ist, darf man die Amundsen-Expedition von 1903 bis 1906 unter die erfolgreichsten und wichtigsten Polarforschungen neuerer Zeit einreihen. —

Merkwürdig ist es übrigens, daß nun sowohl die nordwestliche wie die nordöstliche Durchfahrt von Skandinaviern bezwungen worden sind, jene von einem Norweger, diese von einem Schweden. Bisher waren es ausschließlich englische Schiffe gewesen, die um die Durchbrechung der Nordwest-Passage vergeblich gerungen hatten. Es ist seltsam, daß nun dem ersten nichtenglischen Schiff, das sich an dem Problem versuchte, der Erfolg beschieden war, der den zahlreichen, nicht minder kühnen und verdienstvollen Vorläufern auf diesem Wege versagt war! ——

Den größten Gewinn wird von der Amundsen'schen Expedition zweifellos aber die erdmagnetische Forschung haben. Erstrecken sich doch die in nächster Nähe des magnetischen Pols ununterbrochen Tag und Nacht angestellten Beobachtungen und selbstregistrierenden Aufzeichnungen der Expedition über fast drei Jahre. Vor allem erwartet man neue Aufschlüsse über die Lage des magnetischen Pols, den Amundsen zum erstenmal seit Roß wieder erreicht hat. Ob diese Hoffnungen sich erfüllen werden, läßt sich, wie Amundsen nach einem Bericht der „Aftenposten" kürzlich in Seattle erklärt hat, erst sicher entscheiden, wenn das umfangreiche Beobachtungsmaterial fertig verarbeitet ist. Amundsen glaubt jedoch, die Lage des Pols einwandfrei festgestellt zu haben. Um hierüber Aufklärung zu schaffen, unternahm er mit dem Leutnant Hansen am 2. April 1904 eine sehr beschwerliche Schlittenreise nach derjenigen Stelle der Halbinsel Boothia Felix, wo der Pol vermutet werden mußte; die Forschungen der 1831er Expedition von Roß wurden dabei wenigstens teilweise bestätigt gefunden. — Amundsen berichtet, daß er mit verschiedenen, sehr sonderbaren Eskimostämmen zusammengetroffen sei, darunter solchen, welche noch niemals Weiße gesehen hatten. Seine Nachforschungen nach Andrée blieben, wie zu erwarten, ergebnislos, hingegen wurden auf der Beechey-Insel die noch vorhandenen Erinnerungen an die unselige Franklin-Expedition (1845—50) besichtigt.





Urtierchen als Parasiten und Krankheitserreger.

Von **Dr. C. Thesing** in Berlin.

(Schluß.)

Die letzte Klasse des großen Protozoenreiches, welche uns zu besprechen bleibt, enthält nur parasitisch lebende Formen. Auch unter ihnen finden wir wieder gefürchtete Krankheitserreger, so vor allem den Verursacher der Malaria. Daß unsere Kenntnisse von der Lebensweise der Sporozoen und ihrer Fortpflanzung in dem letzten Dezennium so riesenhaft angewachsen sind, verdanken wir neben anderen Gelehrten vor allem den hervorragenden Untersuchungen Fritz Schaudinns. Sollte auch seine Syphilisforschung sich einst als Irrtum erweisen, stets wird sein Name in der Reihe der Protozoenforscher an erster Stelle genannt werden und die Wissenschaft ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Den Namen Sporozoa führt die Klasse, weil ihre Angehörigen sich im Laufe ihres Entwickelungszyklus durch zahlreiche Keimchen, die sogenannten Sporen, fortpflanzen, welche meistens von einer schützenden Hülle umschlossen entstehen. Zur weiteren Entwicklung müssen diese Sporen meist ihren Wirt verlassen; sie gelangen ins Freie, in Wasser oder Luft oder machen auch einen Wirtswechsel durch. Man faßt unter dem Namen Sporozoen Parasiten von sehr verschiedenem Bau zusammen, die aber doch in zahlreichen Punkten ihrer Lebensweise und der Art ihrer Fortpflanzung viele gemeinsame Züge aufweisen. Im großen und ganzen steht die Klasse der Sporozoen zu dem Protozoenreiche in einem ähnlichen Verhältnisse, wie die Würmer zu den vielzelligen Tieren. Das heißt: viele recht heterogene Elemente sind hier zu einer Einheit zusammengefaßt, welche später bei einem fortgeschritteneren Standpunkte unserer Kenntnis wahrscheinlich in mehrere Klassen zerlegt werden müssen. Manche der sogenannten Sporozoen haben ihre Verwandten vielleicht sogar unter irgend einer der anderen Abteilungen der Urtierchen, nur hat die parasitische Lebensweise diese Beziehungen so verwischt, daß wir sie nicht mehr festzustellen vermögen. Wir finden hier die

Formen, welche am meisten durch den Parasitismus in ihrer Organisation und ihrem Leben beeinflußt und verändert erscheinen. Wie überhaupt bei den Parasiten, ich erinnere nur an manche Bandwürmer, die nach oberflächlicher Schätzung zehn Millionen und mehr Eier produzieren, so wird auch bei den meisten Sporozoen eine überraschende Menge von Keimen erzeugt. Bei den wechselvollen Lebensschicksalen und den vielen Zufälligkeiten, denen die Mehrzahl der parasitisch lebenden Tiere ausgesetzt sind, ist eine derartige Fruchtbarkeit aber auch eine einfache Lebensnotwendigkeit, wenn anders sich die Art nur soll erhalten können. Wir werden das im Verlaufe der Besprechung des Entwickelungszyklus des Malariaparasiten noch genauer einsehen.

Eine bemerkenswerte Anpassung sämtlicher Sporozoen an ihr Leben ist, daß sie die Fähigkeit, feste Nahrungskörper aufzunehmen, verloren haben und sich lediglich durch osmotische Aufnahme flüssiger Substanzen ernähren können. Nach dem Beispiele von Schaudinn teilen wir die Sporozoen in zwei große Unterabteilungen, je nachdem die Sporenbildung während der gesamten Lebenszeit oder nur am Ende einer vegetativen Periode stattfindet. Wir bezeichnen diese beiden Unterklassen als:

1. Telosporidia,
2. Neosporidia.

Zu der ersten Gruppe rechnen wir nur die wichtigsten Abteilungen. Es seien genannt die Gregarinen, die Coccidien und die Haemosporidien. Die Unterklasse der Neosporidia dagegen umfaßt die Cnidosporidien und die Sarcosporidien.

Bei dem enormen Formenreichtum der Sporozoen müssen wir im Folgenden noch sprunghafter vorgehen als bisher. Nur wenige der wichtigsten Arten der verschiedenen Ordnungen können eingehender behandelt werden.

Die am längsten bekannte Ordnung der Sporozoen sind die Gregarinen. Bereits 1787 wurden sie von Cavolini in den Anhangsdrüsen des Magens eines Krebses, Cancer depressus, in großer Menge aufgefunden und recht gut beschrieben. Allerdings geriet Cavolini, bei dem damaligen Stande der zoologischen Wissenschaft nicht anders möglich, in der Deutung seiner Entdeckung auf Abwege und hielt die paarweis aneinanderhängenden Tiere für zweigliedrige Bandwürmer. Den Zellkern aber, welchen Cavolini ebenfalls bereits sah, faßte er als Geschlechtsöffnung des Wurmes auf. Genauer erkannt wurden die Gregarinen erst 1828 von Dufour, der ihnen ihren Namen gab, doch hielt auch er sie noch für eine ganz neue Art von Eingeweidewürmern. Erst von Kölliker war der Nachweis vorbehalten, daß wir in den Gregarinen einzellige Organismen vor uns haben.

Während man in früheren Jahren geneigt war, zahlreiche Krankheiten höherer Tiere auf den schädigenden Einfluß verschiedener Gregarinen zurückzuführen, hat die weitere Forschung sie des Nimbus besonderer Gefährlichkeit entkleidet, und wir kennen heute keine Gregarine, welche als Krankheitserreger Bedeutung hat. Sie sind Parasiten niederer Tiere, von Arthropoden, Würmern, Mollusken, Stachelhäutern u. s. f., bei denen sie oft in ungeheuren Mengen vorkommen; bei Wirbeltieren sind sie bisher überhaupt nicht beobachtet. Die ausgewachsenen Gregarinen haben zum Teil eine sehr typische Form, und wenn wir bisher hauptsächlich durch den Parasitismus bedingte Rückbildungen von Organellen kennen gelernt haben, so finden wir hier sehr charakteristische Neubildungen. Unserer Beschreibung legen wir einen Bewohner des Darmkanales der Küchenschabe, Periplaneta orientalis, die äußerst gemeine Gregarina blattarum zugrunde. Wie die Sporozoen überhaupt, sind auch die Gregarinen ausgesprochene Zellschmarotzer.

Der Körper der Gr. blattarum zerfällt im erwachsenen Zustande in zwei Abschnitte, welche durch eine querverlaufende ektoplasmatische Scheidewand voneinander getrennt sind. Den vorderen Teil bezeichnet man als Protomerit, den hinteren, der den Zellkern enthält, als Deutomerit. An dem Protomerit finden wir, bei vielen Arten und auch wenigstens in der Jugend bei unserer Form, vorne aufsitzend noch einen dritten Teil, das sogenannte Epimerit. Es ist dieses ein sehr verschieden gestaltetes häkchen-, anker- oder knöpfchenartiges Gebilde, das lediglich zur Befestigung des Parasiten an den Wirtszellen dient, eine von den oben erwähnten, durch den Parasitismus verursachten neugebildeten Organellen. Der gesamte Körper der Gregarina ist von einer festen Hülle, der Pellikula, umgeben, welche den Tieren eine verhältnismäßig starre Form gibt. Im allgemeinen fehlen den Gregarinen besondere Bewegungsorganellen. Allerdings liegen unter der Pellikula Myoneme, durch deren Kontraktionen gewisse Gestaltsveränderungen bewirkt werden, aber bei der Fortbewegung spielen diese keine Rolle. Wir sehen nämlich häufig die Gregarine ohne jede Spur von Gestaltsveränderung langsam, aber unausgesetzt in einer bestimmten Richtung auf der Unterlage dahingleiten. Lange Zeit bildete die Art dieser Fortbewegung ein Rätsel, da man, wie gesagt, absolut keine sonstige Bewegung an dem Tiere wahrzunehmen vermochte. Erst die Untersuchungen Schewiakoffs an einer anderen Gregarine brachten Licht in dieses Dunkel. Bei genauerem Zusehen bemerkt man auf der Pellikula eine eigentümliche Längsstreifung, welche dadurch hervorgerufen wird, daß gewölbte Längsrippen mit dazwischenliegenden Furchen regelmäßig abwechseln. Bei dem Vorwärtsgleiten wird nun am Grunde dieser Furchen in verhältnismäßig großer

Menge ein schleimiges, klebriges Sekret ausgeschieden. Da dieser Schleim sehr rasch erstarrt und infolge seiner Klebrigkeit sich fest mit der Unterlage verbindet, so entsteht ein immer länger werdender Gallertstiel, der die Gregarine langsam aber sicher, das Protomerit vorweg, vorwärts schiebt. Um einen Weg von einem Millimeter Länge zurückzulegen, würden die Gregarinen nach Schewiakoffs Berechnung etwa zehn Minuten gebrauchen

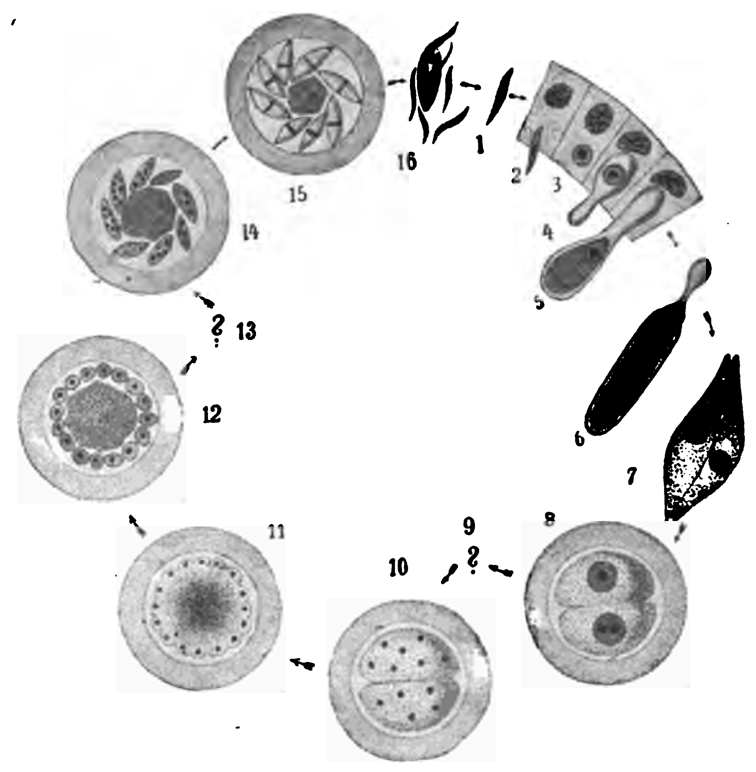


Fig. 14. Schema des Entwickelungskreises einer Gregarine.
1 freier Sporozoit, 2 derselbe in eine Zelle eindringend, 3 derselbe eingedrungen und abgerundet, 4 junge Gregarine aus der infizierten Zelle hervorwachsend, 5 Ausbildung der Körperteile, 6 frei gewordene erwachsene Gregarine, 7 Vorbereitung zur Kopulation, 8 Encystierung, 9 Kopulation für einzelne Arten angegeben, 10 Vermehrung der Kerne, 11—12 Ausbildung der Sporoblasten und des Restkörpers, 13 Kopulation für einzelne Arten angegeben, 14—15 Ausbildung der Sporen und der Sporozoiten in ihnen, 16 die Sporozoiten verlassen eine Spore, die sich im Darm eines neuen Wirtes geöffnet hat (aus Doflein).

Als Schnelläufer kann sie danach selbst der größte Optimist nicht bezeichnen.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung ist bei zahlreichen Gregarinen ihre Neigung, sich zu zweien oder mehreren zu vereinigen. Meist bestehen solche Vereinigungen aus einer einreihigen Kette von Individuen, von denen immer das Protomerit des einen sich an das Hinterende, des Deutomerits, des anderen geheftet hat.

Es bleibt noch die Fortpflanzung der Gregarinen zu besprechen, doch mag es genügen, sie hier nur in schematischen Umrissen zu skizzieren. Drei Möglichkeiten sind hier vorhanden: entweder rundet sich ein einzelnes Individuum ab und pflanzt sich dann fort, oder zwei bis mehrere Individuen umgeben sich mit einer gemeinsamen Hülle, aber trotzdem entwickelt sich jedes unabhängig von dem anderen. Der letzte Fall endlich ist der, daß vor dem Beginn der Fortpflanzung eine Konjugation zweier Tiere erfolgt. Hierbei sollen erst die beiden Individuen und dann deren Kerne miteinander verschmelzen, ehe die weitere Entwickelung einsetzt. Neuere Forschungen haben jedoch diesen Vorgang wieder in Frage gestellt, vielmehr soll auch hier jedes Tier für sich isoliert bleiben.

Im einzelnen ist der Vorgang etwa folgender. Zwei Gregarinen legen sich hintereinander, so daß das Protomerit der einen an dem Deutomerit des zweiten befestigt ist. War ein Epimerit vorhanden, so wird es vorher abgeworfen oder rückgebildet. Dann sehen wir das eine Tier eine Drehung um 180 Grad ausführen, so daß jetzt die beiden Tiere mit ihrer Längsachse nebeneinander liegen. Dann scheiden die Tiere um sich eine gemeinsame Hülle aus, und es beginnt eine starke Vermehrung der Kerne. Die Kerne sammeln sich allmählich an der Peripherie und umgeben sich mit einer kleinen Quantität Protoplasma. Ein großer Teil des Plasmas bleibt jedoch unbenutzt als Restkörper in der Mitte liegen. Jeder dieser kleinen, einkernigen „Sporoblasten“ wandelt sich nun zu einer spindelförmigen Spore um, der sogenannten Pseudonavicelle. In dieser teilt sich der Kern gewöhnlich in acht Teilstücke, um welche sich wieder eine geringe Menge Plasma absondert. Diese Sporozoiten nehmen die Gestalt von Sichelkeimen an. Die Cyste gelangt jetzt meistens aus dem Darme des Wirtstieres nach außen, hier werden die Pseudonavicellen frei, sind jedoch durch eine schützende Hülle vor den Mißbilden der Witterung, namentlich vor Austrocknung geschützt. Gelangt eine solche Pseudonavicelle in den Darm eines geeigneten Wirtstieres, so werden die in ihnen enthaltenen Sichelkeime frei, bohren sich in die Epithelzellen des Darmes ein und wandeln sich nun unter allmählicher Aufzehrung der befallenen Darmzelle zur erwachsenen Gregarine um. (Fig. 14.)

Begegnen wir in dem Entwickelungszyklus der Gregarinen noch vielen Unklarheiten, so ist uns das Lebensschicksal der Coccidien dank Schaudinns schönen Untersuchungen an Coccidium schubergi sehr genau bekannt. Das Tierchen schmarotzt in den Darmzellen des Tausendfußes, Lithobius forficatus. In den Epithelzellen dieses Tieres finden wir kleine sichelförmige Keime, die Sporozoiten (Fig. 15), welche rasch

auf Kosten ihrer Wirtszelle zu einem großen kugligen Gebilde mit großem Kerne heranwachsen. Dann beginnt eine lebhafte Kernvermehrung; die Kernteilstücke rücken an die Peripherie, und um jedes Teilstück gliedert sich eine sichelförmige Plasmamasse ab. Die so entstandenen Sporozoiten bleiben anfangs noch rosettenförmig durch einen nicht verbrauchten zentralen, plasmatischen Restkörper verbunden, schwärmen jedoch bald aus, infizieren jeder eine neue Epithelzelle, worauf sich der ganze Prozeß von neuem wiederholen kann. (Fig. 15, I—VIII.) Man bezeichnet diese „ungeschlechtliche" Art der Vermehrung als Schizogonie. Sie bewirkt eine äußerst rasche Zunahme der Parasitenzahl im selben Wirtstiere und ist natürlich für das befallene Tier sehr gefährlich. Wir werden sehen, daß diese sogenannte multiplikative Fortpflanzung beim Malariaparasiten sich äußerlich immer durch einen Fieberanfall des erkrankten Menschen zu erkennen gibt.

Mit der Schizogonie wechselt aber noch eine andere, geschlechtliche Form der Vermehrung ab, welche der Ausbreitung des Parasiten auf neue Wirtstiere und damit der Erhaltung der Art dient.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß sich die meisten Protozoen (alle?) nicht bis in die Unendlichkeit durch einfache Teilung vermehren können. Vielmehr treten nach einigen Generationen Degenerationserscheinungen auf, und die Art würde aussterben, wenn nicht für eine „Blutsauffrischung", gewissermaßen eine Verjüngung, gesorgt wäre. Diese besteht in einer Befruchtung, in einer Vereinigung zweier Individuen, welche entweder ganz miteinander verschmelzen oder nur ihre Kernsubstanz und damit ihre individuellen Eigentümlichkeiten austauschen. Ist das geschehen, so ist die Teilungskraft wiederhergestellt, und es können jetzt wieder zahlreiche Teilungen einander folgen. Es ist dies ein Vorgang, der in einer gewissen Parallele zu dem Befruchtungsakt der höheren Tiere und des Menschen steht, denn auch bei diesen besteht die Befruchtung in nichts anderem, als in der Vereinigung zweier Zellen, des weiblichen Eies und des männlichen Samenfadens, und in der Verschmelzung beziehungsweise dem Austausche zweier Individualitätsgruppen. Sind die beiden sich vereinigenden Elemente aber zu ähnlich, wie es beispielsweise bei lange fortgesetzter Inzucht der Fall ist, so treten auch bei den höheren Tieren Degenerationserscheinungen auf. Aus dieser Erwägung ist ja sogar gesetzlich die Ehe zwischen nahen Verwandten, Geschwistern, Vater und Tochter etc. verboten, und selbst eheliche Verbindungen von Geschwisterkindern zeitigen häufig genug krankhafte Nachkommenschaft. Für die gesamte Vererbungsfrage ist es vom höchsten Interesse, daß wir bei diesen niederen, einzelligen Lebewesen schon einen typischen Befruchtungsakt ausgebildet finden. Hier zum ersten Male

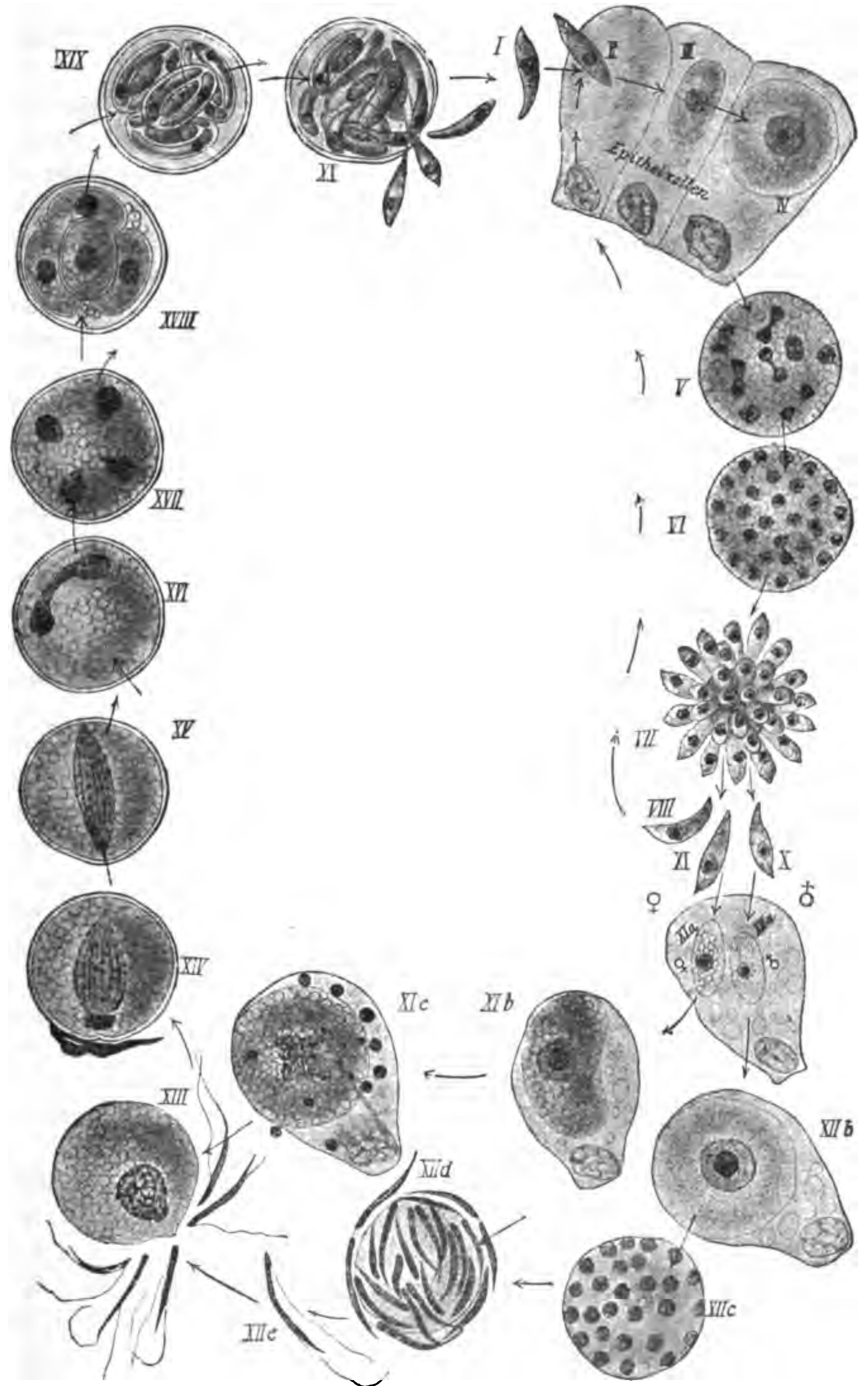


Fig. 15. Entwickelungskreis von Coccidium. (Aus Lang nach Schaudinn.)

finden wir eine deutlich ausgesprochene Differenzierung in ein männliches und weibliches Geschlecht, in Eier und Samenfäden.

Die durch die Schizogonie entstehenden Sporen weisen nämlich zuzeiten in ihrer weiteren Entwickelung typische Unterschiede auf. Nachdem sie in neue Epithelzellen eingedrungen sind, wachsen die einen zu großen, kugeligen „Eiern" mit einheitlichem Kerne heran. Auch die andere Sorte wächst zu einer großen Kugel aus. Dann beginnt aber eine lebhafte Kernteilung; die Kerne rücken wieder an die Peripherie und bilden sich zu länglichen, mit zwei plasmatischen Geißeln ausgerüsteten „Samenfäden" um. Die große Masse des Protoplasma geht als Restkörper zugrunde. (Fig. 15, X—XIId resp. XIc.)

Jetzt stößt die Eizelle, auch hierfür finden wir am Ei der höheren Tiere ein Analogon, einen Teil ihrer Kernsubstanz aus und ist damit zur Befruchtung vorbereitet. Die Samenfäden werden nun frei und suchen, vermöge gewisser vom Ei ausgehender chemotaktischer Kräfte, die Eizelle auf. Diese streckt den sich nähernden, männlichen Geschlechtszellen eine Verwölbung, einen Empfängnishügel entgegen, in den ein Samenfaden eindringt und damit die Befruchtung ausführt. (Fig. 15, XIII.) Fast in dem gleichen Moment erstarrt die äußerste Plasmaschicht des Eies zu einer festen schützenden Hülle, welche den übrigen Samenfäden den Zutritt wehrt. Jetzt vereinigen sich Eikern und Samenkern, und der so gebildete männlich-weibliche Nukleus teilt sich in vier Kerne. Um jeden sondert sich ein Plasmateil ab, umgibt sich mit einer festen Hülle, so daß nunmehr das Innere der Eizelle, die man auch als Oocyste bezeichnet, in vier Sporen zerlegt ist. Mit dem Kot gelangt die Oocyste nach außen und wird, ist ihr das Glück günstig, von einem anderen Tausendfuß gefressen. Inzwischen hat sich noch der Inhalt jeder Spore in je zwei Sporozoiten zerlegt, wieder unter Zurücklassung eines großen Restkörpers. Die Sporozoiten kriechen nun aus der Sporenhülle heraus in das Darmlumen und infizieren eine Epithelzelle. — Man bezeichnet diese Abwechselung einer ungeschlechtlichen Fortpflanzungsperiode mit einer geschlechtlichen als Generationswechsel, eine Erscheinung, die im gesamten Tierreiche in großer Verbreitung vorkommt. Die Coccidien spielen auch als Parasiten der Haustiere eine wichtige Rolle und gehen bisweilen selbst auf den Menschen über. Erwähnen möchte ich besonders Coccidium cuniculi, einen häufigen Parasiten des Kaninchens, der oft im Darm, Leber und Gallengängen in großen Mengen auftritt und bisweilen Anlaß zu verheerenden Epidemien gibt. Diese Art geht bisweilen auch auf Rinder, Pferde, Schweine und Menschen über. Auch der Erreger der gefürchteten roten Ruhr der Rinder ist ein Angehöriger der Coccidien.

Wir wenden uns der letzten und wichtigsten Ordnung der Telosporidia zu, den Haemosporidien. Sind die Vertreter der Coccidien sämtlich Zellschmarotzer, so sind die Haemosporidien in ihrem Aufenthaltsort noch mehr beschränkt, indem sie während der Schizogonie regelmäßig in Blutzellen gefunden werden. Wir wollen von ihnen lediglich den Erreger der menschlichen Malaria besprechen, können uns aber auch hierbei ziemlich kurz fassen, da der Entwickelungszyklus mit dem der Coccidien große prinzipielle Ähnlichkeit besitzt.

Es war im Jahre 1880, als Laveran, der damals noch als Militärarzt in Constantine in Algerien stand, zum ersten Male im Blute eines Fieberkranken den Parasiten erblickte. Aber erst sehr viel später durch die vereinigte Arbeit englischer, italienischer und deutscher Forscher wurde seine Beziehung zum menschlichen Sumpffieber und sein Lebens-

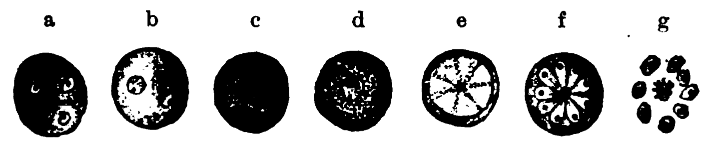


Fig. 16. Plasmodium malariae (Schizogonie), etwas schematisiert.
a Frisch infiziertes Blutkörperchen. b—d Wachstum und Pigmentablagerung. e—f Bildung der rosettenförmig gelagerten Keime. g Freie Keime nach Zerfall des roten Blutkörperchens um den Restkörper abgelagert.
(Nach Labbé aus Wasielewski.)

lauf klargestellt. Man unterscheidet drei Arten des Malaria-Parasiten: Plasmodium praecox, vivax und malariae. Ob wir es in diesen drei Formen wirklich mit drei gesonderten Arten zu tun haben oder nur mit Varietäten derselben Art, erscheint zweifelhaft, zumal da alle drei auf die gleichen Wirte, den Menschen und die Mückengattung Anopheles angewiesen sind. Diese drei Parasiten sind die Erreger der drei Arten von menschlicher Malaria, welche man als Perniciosa, Tertiana und Quartana unterscheidet.

Wir legen unserer Besprechung die Verhältnisse des Tertiana-Parasiten, Pl. vivax, zugrunde. Die beiden anderen schließen sich in ihrem Verlaufe eng an diesen an.

Untersucht man das Blut eines Fieberkranken, so findet man in den roten Blutkörperchen winzige amöboide Keimchen. Diese wachsen schnell heran, indem sie das Blutkörperchen zu ihrer Ernährung verbrauchen. (Fig. 16.)

Der rote Farbstoff der befallenen Blutkörperchen wird dabei von dem Protoplasma der Parasiten zersetzt und lagert sich in Form eines dunkelbraunen, fast schwarzen Pigments im Innern des Plasmodiums ab. Mehr und mehr wächst der kleine Parasit heran und erfüllt endlich

vollständig das erheblich aufgetriebene Blutkörperchen, das ihn nur noch wie mit einer dünnen Hülle umgibt. Durch eine vielfache Teilung zerfällt nun zuerst der Kern und dann das Protoplasma des Plasmodiums in eine größere Anzahl, etwa zwanzig, Sporen, die anfangs noch durch einen mittleren plasmatischen Restkörper, der infolge der starken Pigmentanhäufung in seinem Innern fast schwarz erscheint, zusammengehalten werden. Endlich zerfällt das Blutkörperchen, die Sporen werden frei, gelangen in den Blutstrom und infizieren bald ein neues Blutkörperchen, in welchem dann das Heranwachsen zum „Mononten" und die Sporenbildung von frischem beginnt. Durch das sich in der Blut-

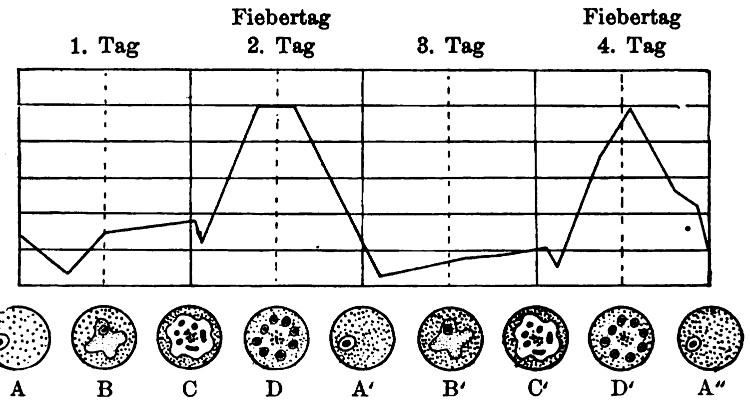


Fig. 17. Entwickelung von Plasmodium vivax, dem Tertianaparasiten, in ihrem Verhältnis zur Temperaturkurve des Patienten.

flüssigkeit verteilende Pigment des Restkörpers gewinnt das Blut Malariakranker ein dunkles Ansehen.

Der gesamte Vorgang des Heranwachsens der Spore und ihrer Vermehrung umfaßt bei Pl. vivax und praecox einen Zeitraum von 48 Stunden, bei Pl. malariae währt er 72 Stunden. Äußerlich gibt sich der Zerfall des Mononten in Sporen und deren Eindringen in gesunde Blutkörperchen durch eine Erhöhung der Temperatur, einen Fieberanfall zu erkennen, der also je nach Art des Krankheitserregers regelmäßig alle 48 oder alle 72 Stunden wiederkehrt. (Fig. 17.)

In gleicher Weise wie bei den Coccidien dient diese ungeschlechtliche Form der Vermehrung der Ausbreitung der Parasiten im Wirtskörper selbst, während die Übertragung der Plasmodien auf andere Wirte von einem geschlechtlichen Fortpflanzungsmodus begleitet wird. Bei der folgenden Besprechung dieser Vorgänge werden wir uns besonders an die Verhältnisse von Pl. praecox, dem Verursacher der Perniciosa, halten.

Saugt eine Stechmücke der Gattung Anopheles an einem solchen fieberkranken Menschen, so gelangen natürlich zugleich mit gesunden Blutkörperchen auch die von Parasiten befallenen in den Darm der Mücke. Während nun hier im Körper dieses Zwischenwirtes die zur ungeschlechtlichen Vermehrung prädestinierten Krankheitskeime bald zugrunde gehen, sehen wir einen Teil der Sporen sehr eigentümliche Umwandlungen erfahren und eine recht abweichende Entwickelung durchmachen. Ein Teil der Parasiten wächst nämlich stark heran, indem sie zuerst in die Form eines Halbmondes übergehen, allmählich aber Kugelgestalt annehmen. Es sind dieses die weiblichen Keime, die sogenannten

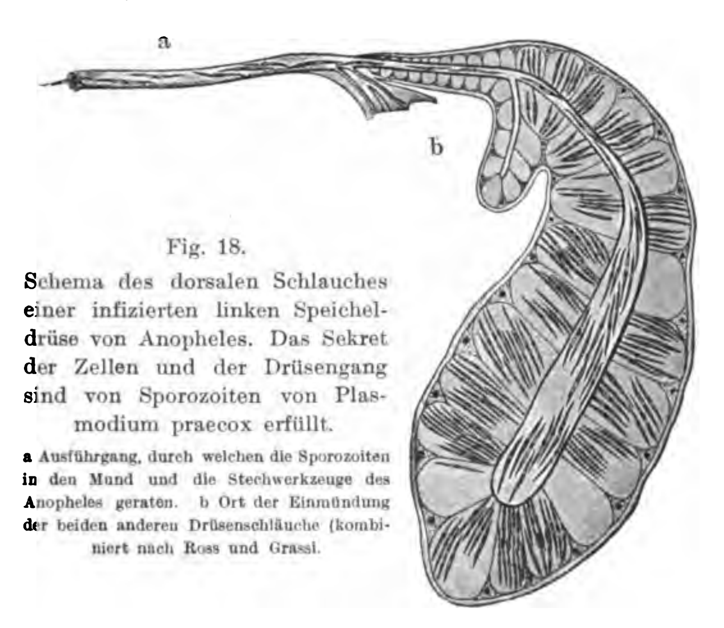


Fig. 18.
Schema des dorsalen Schlauches einer infizierten linken Speicheldrüse von Anopheles. Das Sekret der Zellen und der Drüsengang sind von Sporozoiten von Plasmodium praecox erfüllt.

a Ausführgang, durch welchen die Sporozoiten in den Mund und die Stechwerkzeuge des Anopheles geraten. b Ort der Einmündung der beiden anderen Drüsenschläuche (kombiniert nach Ross und Grassi.

Oogonien. Andere, die männlichen Keime oder Antheridien, machen zunächst eine ähnliche Entwickelung durch und sind nur schwer von den Oogonien zu unterscheiden. Doch hat bei diesen letzteren sich bereits im menschlichen Körper der Kern in mehrere Teilstücke zu zerlegen begonnen. Diese kleinen Kerne strecken sich jetzt stark in die Länge, und ein jeder umgibt sich mit einer geringen Spur Protoplasma. Auf diese Weise entstehen aus jedem Antheridium etwa fünf bis sechs Mikrogameten, die man auch wohl direkt als männliche Samenfäden bezeichnen darf.

Ebenfalls noch im Darm der Anopheles findet die Befruchtung statt, das heißt die Verschmelzung einer Oogonie mit einem Mikrogameten. Die befruchtete Oogonie verliert jetzt ihre Kugelgestalt und

wandelt sich zu einem sichelförmigen, beweglichen Gebilde um, welches jetzt die Epithelbekleidung des Darmkanals durchbricht. Erst unmittelbar unter der elastischen Darmmembran kommen die Parasiten zur Ruhe. Rasch wachsen sie hier, geschützt von der Darmmembran, die sie wie eine Cystenhülle umschließt, zu umfangreichen Gebilden heran, die man sogar mit unbewaffnetem Auge deutlich zu erkennen vermag. Man bezeichnet die Oogonien nunmehr als Amphionten.

Inzwischen hat sich der ursprünglich einheitliche Kern auf direktem Wege durch einfache Durchschnürung in eine ungeheure Anzahl von kleinen Kernen geteilt, die durch immer weitere Teilungen ständig kleiner

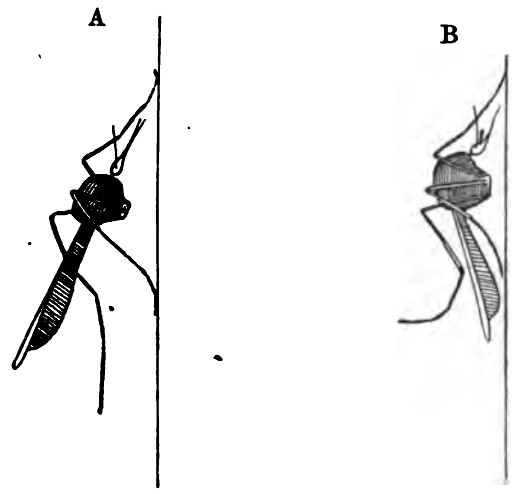


Fig. 19. Schematische Umrisse um die charakteristische Stellung von A Culex und B Anapheles an einer senkrechten Wand zu zeigen.
(Nach Eisell.)

werden. Um jedes dieser winzigen Kernteilstücke sondert sich das Protoplasma in Gestalt eines langgestreckten dünnen Fädchens. Es sind dieses die sogenannten Gymnosporen. Wie ungeheuer die Vermehrung ist, das zeigt eine Berechnung von Grassi, derzufolge ein einziger Amphiont bis zu 10000 solcher Gymnosporen erzeugen kann.

Ist die Ausbildung der Gymnosporen beendet, so verlassen sie die Amphiontenkapsel und dringen zuerst in die Leibeshöhle der Mücke und weiterhin in deren Speicheldrüse ein, in der sie sich in großer Zahl ansammeln. Saugt nun eine Mücke in diesem Stadium bei einem gesunden Menschen Blut, so gelangen gleichzeitig mit dem Speicheltröpfchen, welches das Tier in die von seinem Rüssel gebohrte Wunde fließen läßt, auch zahlreiche Gymnosporen in den Blutstrom des Menschen. (Fig. 18.) Diese dringen jetzt wahrscheinlich sogleich, direkte Beobachtungen darüber

fehlen noch, in die roten Blutkörperchen ein, wachsen hier zu Mononten heran, und die Infektion ist beendet, der Zeugungskreis kann von neuem beginnen.

Es ist sehr auffallend, daß die Entwickelung des menschlichen Malariaparasiten nur in dem Körperinnern von Angehörigen der Gattung Anophles sich vollziehen kann, nicht aber im Innern der doch nahe verwandten Culexarten. (Fig. 19.) Auch eine bestimmte Außentemperatur ist zur Entwickelung der Plasmodien notwendig; schreiten doch die Parasiten nur bei einer Wärme von mehr als 17 Grad C zur Bildung von Mikrogameten, während bei niedrigeren Temperaturen die Entwickelung stillsteht.

Auf die verschiedenen Methoden zur Bekämpfung der Malaria kann hier nicht mehr eingegangen werden, nur soviel sei gesagt, daß einem vorzüglich zwei Mittel dabei zur Verfügung stehen. Das eine besteht in der möglichsten Vernichtung der Anophelesmücken und ihrer Brut und in der Verhinderung des Stechens, das andere in der Bekämpfung der Parasiten im menschlichen Körper selbst durch Anwendung von Chinin. Auf beiden Wegen wurden bisher bereits sehr erfreuliche Resultate erzielt, und manche fruchtbaren Länderstrecken, welche früher für den Menschen fast unbewohnbar waren, konnten so bereits der Malaria abgerungen werden.

Eine Besprechung der zweiten Unterabteilung der Sporozoen muß ich mir, da der Aufsatz sowieso schon eine erhebliche Länge gewonnen hat, leider versagen, obwohl auch diese Tiere in ihrem Lebenslauf manches Interessante bieten, wenn sie freilich als Krankheitserreger bei weitem nicht die Rolle spielen, wie etwa die Hämosporidien oder die Trypanosomen. Vielleicht findet sich später eine Gelegenheit, besonders auf diese Parasiten einzugehen.





Die Trabanten des Saturn

sind in der vorigen Opposition des Herbstes 1905 von Dr. Guthnick in Bothkamp bezüglich ihrer Helligkeiten beobachtet worden mit Ausnahme des innersten, Mimas, der dem Saturn zu nahe steht, und des lichtschwächsten, Hyperion, der als Sternchen 13,7. Größe für photometrische Messungen am Bothkamper Refraktor zu schwach war. Es ergeben sich aus diesen Messungen folgende mittlere Helligkeiten der betreffenden Trabanten. II. Enceladus $11{,}^{m}66$, III. Tethys $10^{m}72$, IV. Dione $10^{m}73$, V. Rhea $10^{m}12$, VI. Titan $8^{m}3$, VIII. Japetus $10^{m}79$. Hiernach würden diese Trabanten alle in einem siebenzölligen Refraktor, der Sterne 12. Größe zeigen muß, gesehen werden können, die helleren 5 sogar leicht mit einem sechszölligen Refraktor. Naturgemäß werden die Monde des Saturn bei den nächsten Oppositionen des Planeten mehr die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich ziehen, da sein Ringsystem von uns unter sehr spitzem Winkel erblickt wird und im Jahre 1907 vorübergehend ganz verschwindet. Obige Zahlen sind indessen nur die mittleren Helligkeiten der Trabanten, da alle starke Lichtschwankungen während eines Umlaufs um Saturn zeigten, die direkt dieselben Perioden zu haben schienen wie die Revolutionszeiten. Fast alle Trabanten erschienen auf der Ostseite des Saturn merklich heller als auf der Westseite, und die Schwankungen gingen bei allen auf rund eine Größenklasse. Nur bei Titan waren sie geringer, etwa $^{3}/_{4}$ Größenklasse; bei Japetus stiegen sie bis auf 1,8 Größenklassen. Dies würde bedeuten, daß das größte Licht eines Trabanten uns 2,5 resp. 5,3 mal so hell erscheint wie das kleinste. Es scheint danach, als ob die Saturntrabanten sich ebenso wie der Erdmond und die Jupitermonde um eine Achse drehen, die nahezu einen rechten Winkel mit der Ekliptik bildet, und daß bei jedem seine Umdrehungszeit der Umlaufszeit um Saturn gleich ist. Außerdem müssen auf den Oberflächen dieser Monde sehr helle Gebiete mit relativ dunklen abwechseln; nur dann kann die von der Sonne beleuchtete und von der Erde erblickte Halbkugel uns sehr verschieden hell erscheinen, je nachdem sie gerade mehr helle oder dunkle Oberflächenteile umfaßt. Bei

Tethys würde man die beobachteten Helligkeitsschwankungen sehr gut darstellen können, wenn man weiter annimmt, daß dieser Mond keine Kugel, sondern ein stark verlängertes Ellipsoid ist, dessen lange Achse sich zu den beiden kurzen verhält wie 5:2:2. Die eine der kurzen Achsen ist die Rotationsachse des Mondes; die lange Achse zeigt dauernd nach der Saturnmitte. Dann werden die Querschnitte, unter denen uns Tethys erscheint, am kleinsten sein in den Konjunktionen mit Saturn, nämlich Kreisform haben, am größten in den Elongationen, wo wir beide Male Ellipsen im Achsenverhältnis 5:2 erblicken. Hinzukommende Oberflächengestaltungen werden den Lichtwechsel etwas unregelmäßiger gestalten, immerhin aber seine Periodenlänge nicht ändern können. Die Verlängerung des Mondes nach dem Saturn hin ist natürlich eine Wirkung der Flut, die Saturn auf ihm erzeugte, als der Mond noch glutflüssig war; die Flutreibung hemmte die eigne Achsendrehung des Mondes, bis sie der Umlaufszeit um Saturn gleich wurde, und der erstarrte Flutberg blieb in der Richtung nach Saturn und von diesem weg stehen. Wir müssen freilich hierzu für Tethys eine außerordentlich geringe Dichte annehmen. Guthnick findet dieselbe nur etwa halb so groß wie die des Wassers. Bei unserm Erdmond haben analoge Verhältnisse zwar auch Rotation und Revolution gleich gemacht; aber die Verlängerung seiner nach der Erde zu zeigenden längsten Achse über die Rotationsachse hinaus beträgt nach den Untersuchungen von Franz nur 2 Kilometer, also rund $^1/_{900}$, entsprechend der weit größeren mittleren Dichte unseres Mondes von 3,5. R.



Über die physikalischen Eigenschaften geschmolzenen Magnesiumoxyds.

Die Herren H. M. Goodwin und R. D. Mailey haben versucht, eine Substanz herzustellen, welche geeignet wäre zur Fabrikation von Gefäßen und anderen Geräten für chemische und technische Zwecke. Eine solche Substanz muß zunächst selbst bei sehr hohen Temperaturen sehr widerstandsfähig gegen chemische Einflüsse sein, sie muß ferner einen sehr hohen Schmelzpunkt haben. Des weiteren sind ein kleiner Ausdehnungskoeffizient und ein hoher spezifischer elektrischer Leitungswiderstand wünschenswerte Eigenschaften einer solchen Substanz. Es ist den genannten Herren nun gelungen, wenn auch einstweilen nur in geringen Mengen, einen Stoff herzustellen, der die genannten Bedingungen wenigstens bis zu einem gewissen Grade erfüllen dürfte. Dieser Stoff ist reines Magnesiumoxyd, das in einem Wechselstromflammenbogen

geschmolzen worden ist. Die so erhaltene Masse läßt sich mit Karborund bearbeiten. Da seit einiger Zeit auch die Königliche Porzellan-Manufaktur in Berlin-Charlottenburg sich mit der Herstellung von Geräten aus geschmolzenem reinen Magnesiumoxyd befaßt, so dürften einige Angaben über die von den Herren Goodwin und Mailey bestimmten physikalischen Eigenschaften dieses Stoffes wohl von Interesse sein. Die folgenden Mitteilungen hierüber sind der Veröffentlichung der genannten Forscher in Phys. Rev. 23, 22—30, 1906 entnommen.

Das geschmolzene Magnesiumoxyd stellt sich, wenn es von Verunreinigungen frei ist, als eine rein weiße und sehr harte kristallinische Masse dar. Die Oberfläche gleicht der von glasiertem Porzellan. Je nach der Schnelligkeit, mit welcher die Masse erstarrt ist, zeigt sie sehr kleine Kristalle und marmorartiges Gefüge oder größere, in Schichten angeordnete Kristalle. Die Masse läßt sich ausgezeichnet polieren. Der Härtegrad der Substanz ist außerordentlich hoch und etwa von gleicher Ordnung wie der des durchsichtigen Apatits. Das spezifische Gewicht des geschmolzenen Oxyds beträgt ungefähr 3,5. Sein Schmelzpunkt, dessen genauere Bestimmung noch aussteht, liegt jedenfalls zwischen 1890° und 1940° C.

Von Interesse dürfte folgende Zusammenstellung von Werten der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit bei verschiedenen Temperaturen sein. Die nachstehende Tabelle enthält diese Werte — in reziproken Ohm — für geschmolzenes Magnesiumoxyd, Berliner Porzellan und Meißener Porzellan, beide Porzellane aus den Königlichen Manufakturen entnommen.

Temperatur in °C	Spezifische Leitfähigkeit in 1 Ohm für		
	Magnesiumoxyd	Berliner Porzellan	Meißener Porzellan
400	—	$0,05 \cdot 10^{-6}$	$0,05 \cdot 10^{-6}$
500	—	$0,20 \cdot 10^{-6}$	$0,10 \cdot 10^{-6}$
600	—	$0,32 \cdot 10^{-6}$	$0,18 \cdot 10^{-6}$
700	—	$0,43 \cdot 10^{-6}$	$0,24 \cdot 10^{-6}$
800	$0,01 \cdot 10^{-6}$	$0,55 \cdot 10^{-6}$	$0,40 \cdot 10^{-6}$
900	$0,10 \cdot 10^{-6}$	$0,75 \cdot 10^{-6}$	$0,70 \cdot 10^{-6}$
1000	$0,20 \cdot 10^{-6}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$0,94 \cdot 10^{-6}$
1050	$0,34 \cdot 10^{-6}$	—	—
1100	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$1,30 \cdot 10^{-6}$	$1,27 \cdot 10^{-6}$
1150	$2,60 \cdot 10^{-6}$	—	—

Als Isoliermaterial dürfte bei Temperaturen unterhalb 1100 ° C das Magnesiumoxyd jedenfalls beiden Porzellansorten überlegen sein; oberhalb dieser Temperatur dürfte es ihnen aber vermutlich wegen des hohen Temperaturkoeffizienten nachstehen.

Der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient des geschmolzenen Magnesiumoxyds ist wenig größer als der eines parallel zur optischen Achse geschnittenen Quarzkristalles und nahezu gleich dem des Platins. Letzterer Umstand dürfte für mancherlei technische Zwecke überaus vorteilhaft sein.

Gegen chemische Einflüsse seitens vieler neutraler Salze ist die neue Substanz bei hohen Temperaturen außerordentlich widerstandsfähig. Sie dürfte also mit Vorteil zu Gefäßen verwandt werden, in welchen solche Salze hohen Temperaturen ausgesetzt werden. In Bädern von Silbernitrat, den Chloriden, Bromiden, Sulphaten und Nitraten von Natrium und Kalium, Zinkchlorid und Baryumnitrat zeigte eine polierte Probe des neuen Stoffes selbst nach einem Aufenthalt von über einer Stunde keine Spur irgendwelcher chemischen Beeinflussung. Baryumchlorid griff das Magnesiumoxyd nur wenig an; dagegen wirkten Natriumkarbonat, Kaliumnatriumkarbonat, Kaliumhydrat und Kryolit sehr heftig. Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure greifen in der Kälte das geschmolzene Magnesiumoxyd langsam an. Bemerkenswert ist, daß konzentrierte Säuren weniger stark wirken als verdünnte.

Nach dem bisher vorliegenden Beobachtungsmaterial dürfte man der neuen Substanz wohl ein nicht unbedeutendes Verwendungsgebiet in Aussicht stellen. Es wäre zu wünschen, daß die eingangs genannten amerikanischen Forscher ihre Untersuchungen fortsetzen und bald die Ergebnisse weiterer Beobachtungen veröffentlichen möchten. Mi.



Wiederherstellung braun gewordenen Baryumplatincyanürs.

Wenn ein Baryumplatincyanürschirm zu lange der Einwirkung der Röntgenstrahlung ausgesetzt wird oder wenn er längere Zeit hindurch auf hoher Temperatur gehalten wird, so bräunt sich das Baryumplatincyanür und verliert seine Fluoreszenzfähigkeit. Es kann jedoch vollständig wiederhergestellt werden, doch ist dazu, wie die Herren H. Bordier und J. Galimard (s. Arch. d'électricité médicale, 1905, S. 323) nachgewiesen haben, die Anwesenheit von Wasser unumgänglich erforderlich. Die gebräuchlichen Baryumplatincyanürschirme lassen nun die Verwendung von Wasser nicht zu; weder von der Schichtseite, noch von der Unterlage aus kann man Wasser in Berührung mit dem Salze bringen.

Es dürfte daher eine Mitteilung der genannten Herren von allgemeinerem Interesse sein, welche sie auf dem Lütticher Internationalen Kongreß zum Studium der Radiologie und Jonisation gemacht haben, und in welcher sie Auskunft erteilen über das von ihnen angewandte Verfahren, wenigstens das Baryumplatincyanür abgenutzter Fluoreszenzschirme wieder nutzbar zu machen.

Die Herren Bordier und Galimard zerschneiden den unbrauchbar gewordenen Leuchtschirm in kleine Stücke, die sie dann in destilliertem Wasser kochen. Die Stücke bleiben etwa zwei Tage in dem Wasser und werden während dieser Zeit wiederholt aufgekocht. Nach dem Abfiltrieren werden die Stücke nochmals ausgelaugt, bis alles Salz aus dem Karton entfernt ist. Darauf werden die Mutterlösung und das Waschwasser im Sandbade bis zur Trocknung eingedampft. Es bleibt ein mehr oder minder kristallinischer Rückstand von brauner Farbe, der in möglichst wenig kochendem Wasser unter Zusatz des doppelten Volumens von 93prozentigem Alkohol gelöst wird. Die nun auftretenden, schmutzig weißen Flocken werden abfiltriert und wiederum bis zum Beginn einer Kristallisation eingedampft. Nunmehr kristallisiert das Platincyanür aus, das durch diesen — allerdings etwas langwierigen — Prozess vollständig wiedergewonnen und wieder fluoreszenzfähig wird und nun zur Herstellung eines neuen Schirmes verwendet werden kann.

Die Herren Bordier und Galimard dürften sicherlich durch diese Mitteilungen manchem einen großen Dienst erwiesen haben. Man wird den Herren nur beipflichten, wenn sie die Hoffnung aussprechen, daß die Fabrikanten von Platincyanürschirmen in Zukunft ein Verfahren zur Herstellung der Schirme anwenden mögen, welches die direkte Behandlung der überanstrengten Fluoreszenzschicht mit Wasser gestattet.

Mi.



Über eine neue Art von Röntgenröhren.

Die Antikathode der landläufigen Röntgenröhre sendet neben den Strahlen, welche praktische Verwendung finden, auch noch sehr weiche Röntgenstrahlen aus, welche nicht genügendes Durchdringungsvermögen besitzen, um aus der Röhre austreten zu können, und demzufolge in der Glaswandung absorbiert werden. Ferner gehen von der Antikathode diffus reflektierte sowie regelmäßig reflektierte und neu emittierte Kathodenstrahlen aus. All diese Antikathodenstrahlen sind von schädlichen Wirkungen begleitet: Bei ihrer Absorption in der Glaswand erwärmen sie diese, erregen Fluoreszenz, rufen chemische Wirkungen

bzw. Veränderungen im Glase hervor und geben schließlich auch Anlaß zur Entstehung neuer Strahlen. Eine Folge derartiger Einflüsse zeigt sich in einer Veränderung des Härtegrades der Röhre.

Auf dem 2. Röntgenkongreß zu Berlin am 2. April hat nun Herr Josef Rosenthal eine von ihm konstruierte Röntgenröhre vorgeführt, bei welcher die erwähnten schädlichen Antikathodenstrahlen bereits vor ihrem Auftreffen auf die Glaswand unterdrückt bzw. vernichtet werden. Eine Beschreibung dieser „Innenfilter-Röntgenröhre" findet sich in der Phys. Zeitschr. 7, 424—425, 1906. In dieser Röhre treffen die von der Antikathode ausgehenden Strahlen — also sowohl die verwendbaren als auch die schädlichen —, bevor sie die Glaswand erreichen, auf ein aus einer dünnen Metallfolie bestehendes Filter. In diesem Filter werden die schädlichen, weichen Röntgenstrahlen und die reflektierten Kathodenstrahlen vollständig absorbiert. Dadurch wird einer Erwärmung und einer chemischen Veränderung der Glaswand vorgebeugt. Bei geeigneter Wahl des Filters erleiden die praktisch verwendbaren Röntgenstrahlen so gut wie gar keine Schwächung. Das Innenfilter dient aber nach den Mitteilungen des Herrn Rosenthal auch noch als Transformator für die Strahlen, und zwar in der Weise, daß einmal „die transformierten Strahlen in der gleichen Richtung verlaufen wie die ankommenden" und zweitens die Strahlen „von dem Auftreffpunkt eines Antikathodenstrahles nach allen Richtungen ausgehen". Es könnte nun die Frage entstehen, ob nicht durch die an dem Innenfilter entstehenden Röntgenstrahlen eine Beeinträchtigung der Bildschärfe hervorgerufen wird. Ein solcher Einfluß kann aber durch passende Wahl des Filtermateriales vollständig vermieden werden, wie aus einer Reihe von vergleichenden Aufnahmen hervorgeht, welche Herr Rosenthal mit einer solchen Innenfilterröhre und mit anderen Röntgenröhren angefertigt hat.

In Anbetracht ihrer Wirkungsweise dürfte diese Innenfilter-Röntgenröhre, deren Herstellung von der Polyphos-Gesellschaft in München übernommen worden ist, als ein Fortschritt in der Entwickelung der Röntgenröhre zu begrüßen sein. Mi.



Eine Odontographie der Menschenrassen.

Nicht zum ersten Male, aber mit einer sorgfältigen Sichtung des vorhandenen Materials und großer Sachkenntnis hat der pr. Zahnarzt M. de Terra es unternommen, „neue Beiträge zu einer Odontographie der Menschen" (Berl. Verlagsanstalt 1905) zu bringen. Der Verfasser macht aber kein Hehl daraus, daß der Versuch, die Odontographie (die

Zahnkunde) zu einer Rasseneinteilung der Menschheit zu benutzen, im allgemeinen fehlschlägt, und daß die Dimensionen der Zähne an sich kein Merkmal sind. Die Variationen sind individuell, und wenn wir auch die größten Zähne durchschnittlich bei Australiern, Dschagga- und Papuanegern finden, die kleinsten Formate bei Feuerländern, prähistorischen Schweizern und Ägyptern, so läßt sich doch naturgemäß immer nur ein verhältnismäßig beschränkter Kreis von Objekten benutzen, die nicht ausreichen, um eine neue Einteilung der Menschheit odontographisch zu konstruieren. Trotzdem dürfen die vorläufigen Resultate nicht abschrecken, denn alle unseren bekannten Einteilungen der Menschenrassen leiden daran, daß sie keine präzisen Grenzen zwischen den einzelnen Kategorien zulassen. Die ursprünglichste Einteilung, die auch Cuvier als die zwar summarische aber doch einfachste gelten ließ, ist die nach den Söhnen Noahs: Sem, Ham und Japhet. Daraus wurden die Semiten (weiße Rasse), die Hamiten (gelbe Rasse) und die Japhetiten (schwarze Rasse). Linné faßte die Sache etwas genauer an, er schuf 4 Klassen nach den Kontinenten: die Amerikaner, Europäer, Asiaten und Afrikaner, wobei er natürlich an die ursprünglichen Einwohner dieser Kontinente dachte. Darauf baute Blumenthal seine heute noch am meisten anerkannte und benutzte Einteilung in 5 Klassen auf: Europäer (Kaukasier) als weiße Rasse, Amerikaner als kupferfarbene, Mongolen als gelbe, Malayen als kastanienbraune und Äthiopen als schwarze Rasse. Nicht so eingeführt hat sich die Einteilung des englischen Forschers Huxley, der, ähnlich wie Linné, vier Klassen schuf, aber diese nach den Sprachen klassifizierte. Recht bekannt ist dagegen die Rasseneinteilung des österreichischen Forschers Friedrich Müller, der zuerst zwei große Klassen unterscheidet: wollhaarige und schlichthaarige Menschen. Die Wollhaarigen teilt er in büschel- und vließhaarige, die Schlichthaarigen in straffhaarige und lockenartige. Vielleicht angeregt durch diese Idee brachte der Franzose Topinard seine schnell populär gewordene Mencheneinteilung nach den Nasen heraus. Er unterschied schmalnasige Menschen (weiße Rasse), breitnasige (schwarze Rasse) und mittelnasige (gelbe Rasse). Um nun möglichst genau zu gehen, schuf dieser Forscher eine ganze Reihe Unterabteilungen, die wieder nach dem Haarwuchs des Menschen rangierten. Im ganzen ergaben sich so 18 Abteilungen, und darin lag wieder das Komplizierte und Unübersichtliche des Versuches. Von neueren Versuchen der Rasseneinteilung der Menschheit ist nur noch der des bekannten Anatomen Julius Kollmann zu nennen, welcher Gesichter und Kopfform zu einem System vereinte. Er schuf zuerst zwei große Abteilungen: Breitgesichter und Langgesichter, welche er wieder in Unterabteilungen trennte nach Lang-, Mittel- und Kurz-

köpfen. Der neueste Modus ist also, wie schon besprochen, die Einteilung nach den Zähnen. Man sieht aber aus dieser knappen Zusammenstellung, daß nicht bloß in sozialer Beziehung, sondern auch in wissenschaftlicher nichts schwerer ist, als die Menschheit unter einen Hut zu bringen. P. R.



Eine Methode zum magnetischen Nachweis von Materialfehlern, Gussblasen und dergleichen im Eisen.

Herr L. Kann veröffentlicht in einer der letzten Nummern der Phys. Zeitschr. (7, 526—527, 1906) eine prinzipiell sehr interessante Methode, Materialfehler, Gußblasen und sonstige Inhomogenitäten im Eisen auf magnetischem Wege nachzuweisen. In vielen Fällen genügt nämlich die Auskunft nicht, welche man durch Abklopfen des zu untersuchenden Materiales über dessen Gleichmäßigkeit erhalten kann. Herr Kann bedient sich nun folgender Anordnung: Das Prüfstück bildet den Anker eines Elektromagnetes. Eine Induktionsspule, deren Enden mit einem Galvanometer verbunden sind, wird so angeordnet, daß sie, falls der Elektromagnet Stabform hat, einem Pole gegenüber, durch das Prüfstück von diesem getrennt, steht und, falls er Hufeisenform hat, seine Pole umschließt. In jedem Falle ist dafür Sorge getragen, daß Magnet und Induktionsspule ihre gegenseitige Lage zueinander unveränderlich beibehalten. Durch das die Stelle eines Ankers vertretende Prüfstück erhalten die Kraftlinien eine ganz bestimmte Führung. Verschiebt man nun das Prüfstück, welches wir zunächst als vollkommen homogen annehmen wollen, gegen das aus Elektromagnet und Induktionsspule bestehende System, so wird der Kraftlinienfluß in keiner Weise geändert werden. Sobald aber das Prüfstück irgend welche Inhomogenitäten enthält und eine solche in den Bereich des Kraftlinienflusses tritt, so wird dieser Kraftlinienfluß eine Änderung erleiden, die in der Spule einen durch das Galvanometer nachweisbaren Induktionsstrom hervorrufen wird. Führt man Prüfstück und System gleichmäßig — sei es nun kontinuierlich oder ruckweise — aneinander vorüber, so wird die Art der einander folgenden Galvanometerausschläge über die Beschaffenheit des zu untersuchenden Materiales Aufschluß erteilen. Selbstverständlich bleibt es für die Wirkung gleichgültig, ob man das Prüfstück fest stehen läßt und den Elektromagneten mit der Induktionsspule gegen dieses bewegt oder umgekehrt. Natürlich muß man das Prüfstück durch irgend ein nicht magnetisches Material von den Polen trennen, es gegebenen Falles

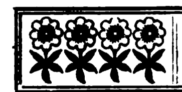
auch auf Rollen lagern, um ein Festhaften des Prüfstückes an dem Magneten zu verhindern und um beide Teile gegeneinander beweglich zu machen. — Herr Kann betont ausdrücklich, daß er durch seine Veröffentlichung nur das Prinzip der Methode bekannt zu geben beabsichtigt und daß er es dem Techniker überläßt, das Verfahren praktisch auszugestalten. Sicherlich bietet schon die theoretische Seite dieser Methode hinreichend Interesse, um ihre Veröffentlichung zu rechtfertigen, wenn ihre praktische Verwendbarkeit vielleicht auch auf platten- und stabförmige Prüfstücke beschränkt bleiben dürfte. Mi.



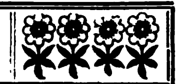
Bleichen des Mehles mittels Elektrizität.

Da Mehl um so mehr geschätzt wird, je weißer es von Farbe ist, so sind verschiedene Verfahren zum Bleichen des Mehles in Gebrauch. In letzter Zeit hat man auch die Elektrizität diesem Zweke dienstbar gemacht. Wie im Electrician (57, 287—288, 1906) mitgeteilt wird, bringt die Firma „Alsop Flour Process, Ltd.“ in London zwei Modelle von Apparaten zum Bleichen des Mehles mittels Elektrizität in den Handel. Das Verfahren ist im wesentlichen das folgende: Mittels eines Aspirators wird ein Luftstrom durch eine Kammer getrieben, in welcher ein Lichtbogen zwischen Elektroden aus Eisen oder aus weichem Stahl brennt. Aus dieser Kammer tritt der Luftstrom in einen anderen Raum, in welchem das Mehl durch mechanische Vorrichtungen in heftiger Bewegung erhalten wird. Es tritt daselbst eine innige Berührung zwischen dem Mehl und der Luft ein, durch welche das Bleichen des Mehles erfolgt. Nach Angabe der genannten Firma soll die Luft in der Lichtbogenkammer ionisiert werden und die ionisierte Luft eine bleichende Wirkung auf das Mehl ausüben. Es dürfte sich hier indessen wohl wesentlich um Ozonbildung und Wirkung des Ozons handeln. Mi.





Himmelserscheinungen.



Übersicht über die Himmelserscheinungen für Januar, Februar und März 1907.[1])

1. **Der Sternenhimmel.** Am 15. Januar um 11 h, am 15. Februar um 9 h, am 15. März um 7 h ist die Lage der Sternbilder gegen den Horizont die folgende: Die schönste Stelle des ganzen Sternendoms, wo 9 Sterne erster Größe das Auge aus der Tiefe des Weltalls anblicken, finden wir zu beiden Seiten des Meridians. Wir gehen vom bekannten Kreuze des Orion aus, das schon den Meridian passiert hat, aber noch nach links geneigt ist. Über den 3 Gürtelsternen liegt senkrecht oben Betelgeuze, unten Rigel; dagegen trifft die Verlängerung der Gürtelsterne nach oben Aldebaran im Stier mit der Gruppe der Hyaden (worüber rechts die Plejaden), nach unten Sirius, des Himmels hellsten Stern, im großen Hunde. Die Kreuzachse des Orion, nach oben verlängert, geht durch das Rechteck der Zwillinge schräg hindurch, in dessen einer schmalen, dem Orion abgekehrten Seite wir Castor und Pollux finden. Die Verbindungslinie von Pollux nach Sirius führt in ihrer Mitte an Procyon im kleinen Hunde rechts vorbei. Zieht man die Linie Pollux-Castor weit nach oben durch und biegt sie stark nach rechts, so trifft man Capella, den Hauptstern des Fuhrmanns; und endlich führt die Linie vom obersten Gürtelstern des Orion nach Procyon, um sich selbst verlängert, auf Regulus im großen Löwen. Zu diesen neun Sternen erster Größe kommt nun, sie alle überstrahlend, noch in den Zwillingen der Planet Jupiter hinzu. Unter der Andromeda findet man die drei bekannten Sterne des Widders, während andererseits zwischen Zwillingen und Löwen der Nebelschimmer der Präsepe im Krebs ins Auge fällt. Unter dieser Hauptgegend des Himmels finden wir nichts Bemerkenswertes: einige Walfischsterne, darunter Mira, unter dem Widder, den Eridanus unter dem Stier, den Hasen unter dem Orion, im Südwesten unter dem Löwen die Wasserschlange, im Osten im Aufgehen die ersten Sterne der Jungfrau.

Wir kehren dieser Gegend des Himmels den Rücken zu und wenden uns gen Norden, wo wir den bekannten „ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht“, den Polarstern, in etwa 52° Höhe auffinden. Links über ihm, unweit Capella, steht das Dreieck des Perseus, links neben ihm das W der Cassiopeia, links unter ihm die fünf hellen Sterne des Cepheus; darunter ist der Schwan halb schon unter den Horizont getaucht. Wega in der Leier streift gerade den Nordhorizont; der Drache trennt sie vom Pol und vom kleinen Bären. Der große Bär steht rechts neben dem Polarstern. Seine Deichsel führt mit Fortsetzung der Biegung nach rechts auf Arcturus im Bootes, von dem links das Diadem der nördlichen Krone über dem Nordosthorizont funkelt.

Zur Orientierung mögen die folgenden Sterne dienen, welche heller als 3m 8 sind und die abends um 9 Uhr M. E. Z. kulminieren:

[1]) Alle Zeitangaben in M. E. Z. und nach astronomischer Zählweise, d. h. die Vormittagsstunden eines Tages — mit Ausnahme der Sonnen- und Planetenaufgänge — um 12 h vermehrt zum vorigen Tage gerechnet.



Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination	Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination
Jan. 4	ζ Persei	2.9	$3^h\ 48^m\ 17^s$	+31°36'.4	Febr. 9	η Geminor	3.3	$6^h\ 9^m\ 16^s$	+22°32'.0
5	ε Persei	3.0	3 51 37	+39 44.5	11	μ Geminor	2.9	6 17 20	+22 33.6
6	γ Eridani	3.0	3 53 42	—13 46.6	11	β Canis mai	2.0	6 18 37	—17 54.8
15	Aldebaran	1	4 30 35	+16 19.3	15	γ Geminor	2.0	6 32 21	+16 28.6
20	ι Aurigae	2.7	4 50 57	+33 1.1	16	ε Geminor	3.1	6 38 13	+25 13.3
23	β Eridani	2.7	5 3 17	— 5 12.5	17	Sirius	1	6 41 3	— 16 35.5
25	Capella	1	5 9 50	+45 54.3	21	ε Canis mai	1.5	6 54 59	—28 51.0
25	Rigel	1	5 10 5	— 8 18.7	23	δ Canis mai	1.9	7 4 37	—26 15.0
27	φ Orionis	1.7	5 20 9	+ 6 15.8	25	δ Geminor	3.3	7 14 35	+22 9.2
28	β Tauri	1.8	5 20 25	+28 31.7	27	β Canis mai	2.9	7 22 7	+ 8 28.5
29	δ Orionis	2.2	5 27 16	— 0 22.2	März 1	Castor	1.2	7 28 40	+32 5.6
30	α Leporis	2.6	5 28 38	—17 53.5	3	Procyon	0.5	7 34 27	+ 5 27.6
30	ι Orionis	2.8	5 30 53	— 5 58.4	4	Pollux	1.1	7 39 38	+28 15.0
30	ε Orionis	1.6	5 31 30	— 1 15.8	10	ι Navis	2.8	8 3 36	—24 2.4
30	ζ Tauri	3.0	5 32 6	+21 5.1	22	ζ Hydrae	3.1	8 50 29	+ 6 17.8
Febr. 2	κ Orionis	2.1	5 43 21	— 9 42.3	22	ι Ursae mai	2.9	8 52 51	+48 24.5
4	Beteigeuze	1	5 50 9	+ 7 23.3	24	χ Ursae mai	3.3	8 57 18	+47 31.6
5	β Aurigae	1.9	5 52 43	+44 56.3	28	40 Lyncis	3.2	9 15 24	+34 47.2
5	ϑ Aurigae	2.7	5 53 23	+37 12.4	30	α Hydrae	2.0	9 23 2	— 8 15.5

2. **Veränderliche Sterne.** Der interessanteste der Variabeln für das bloße Auge ist Algol, der alle $2^d\ 20^h\ 49^m$ von der Helligkeit = α Persei auf die Größe 3.7 herabgeht, zweimal $4\frac{1}{2}^h$ dauert die Schwächung des normalen Lichtes. Folgende Minima sind bequem zu beobachten:

Jan.	3	4^h	26^m	Febr.	9	11^h	3^m	März	4	9^h	35^m
	17	12	31		12	7	52		7	6	24
	20	9	20		15	4	41		24	11	17
	23	6	9	März	1	12	46		27	8	6

Der Stern Mira Ceti war bereits Mitte November 1906 zu der Helligkeit angestiegen, die er sonst im Maximum zeigt, obwohl dieses erst am 19. Dezember erwartet wurde. Der Stern ist diesmal besonders hell (1.5) und daher im Januar und Februar in abnehmendem Lichte noch gut zu sehen.

3. **Planetenlauf.** Merkur ist Anfang des Jahres Morgenstern, aber seines besonders südlichen Standes wegen nicht zu sehen. Am 2. Februar ist obere Konjunktion. Die folgende Sichtbarkeit am Abendhimmel gestaltet sich günstiger; gegen Ende Februar bleibt Merkur in den Fischen etwa eine Stunde nach Sonnenuntergang sichtbar, auch noch in den ersten Tagen des März. Bereits am 17. aber ist er in unterer Konjunktion und wird am Morgenhimmel nachher wegen tiefen Standes nicht sichtbar.

Venus ist am 3. Januar Morgenstern im größten Glanz und dann auch bei Tage sichtbar. Sie geht fast immer kurz vor 5 Uhr auf, rückt also stets mehr in die Morgendämmerung, bleibt aber noch bis Ende März zu sehen. In der Frühe des 11. Januar und 9. Februar steht die Mondsichel (3 Tage vor Neumond) dicht unter Venus und bedeckt sie sogar für südlichere Beobachter. Am 9. Februar ist westliche Elongation.

Mars kommt sehr langsam zu seiner diesjährigen Opposition rechtläufig heran. Anfang Januar geht er in der Wage rechts von α Librae erst um

8 Uhr früh auf, Anfang Februar rechts von β Scorpii um $2\frac{3}{4}$ Uhr morgens, Anfang März hat er den Skorpion ganz durchmessen und erscheint $2\frac{1}{2}$ Uhr, Ende März steht er unter μ des Schützen am tiefsten Punkte der Ekliptik und erscheint $1\frac{3}{4}$ Uhr im Südosten. Am 6. Februar 14^h steht er dicht beim Monde (1 Tag nach letztem Viertel).

Jupiter ist mitten in seiner Opposition und „wirkt herab mit allen seinen Stärken". Am höchsten Punkte der Ekliptik bewegt er sich rückläufig nach dem Westende der Zwillinge, den Stern μ Geminorum erreicht er am 12. Januar, η Geminorum am 4. Februar. Am 25. Februar macht Jupiter Halt, wendet um und gelangt am 18. März wieder über η Geminorum. Er ist von Anbruch der Nacht an sichtbar und geht zu folgenden Zeiten unter: 1. Jan. 20^h 16^m, 1. Febr. 17^h 55^m, 1. März 15^h 55^m, 31. März 14^h 4^m. Der Mond steht am 26. Januar 3^h und am 22. Februar 8^h unter Jupiter.

Saturn verliert seinen Ring mehr und mehr, derselbe wird zusehends schmäler, am 17. April verschwindet er, weil die Erde in die Ringebene tritt. Einstweilen steht die Erde noch nördlich des Ringes und blickt gegen die nördliche Seite desselben. Saturn steht rechtläufig in der Nordostecke des Wassermanns, bei Dunkelwerden bereits im Südwesten; er geht am 1. Januar schon $9\frac{1}{4}^h$, am 1. Februar schon $7\frac{3}{4}^h$ unter und verschwindet dann in der Dämmerung. Am 8. März ist er in Konjunktion mit der Sonne. Am 17. Januar 3^h steht die Mondsichel über ihm.

4. **Jupitermonde.** Das rasche Spiel der 4 großen Monde führt diese bei jedem Umlauf hinter die Planetenscheibe (Bed. beg.) und dann in den Schatten des Planeten hinein, aus welchem man sie jetzt (im Fernrohr rechts des Planetenrandes) austreten sehen kann (Verf. end.), dann entfernen sie sich nach rechts, wenden um, treten von rechts her auf die Planetenscheibe herauf (Vor. beg.), dann folgt ihnen ihr Schatten (Sch. beg.), dann geht der Planet nach links von der Planetenscheibe hinunter (Vor. end.), dann verläßt der Schatten den Planeten (Sch. end.), der Mond schwingt nach links aus, wendet um und tritt alsdann von links her hinter die Planetenscheibe u. s. f. Vor Mitternacht sind folgende Erscheinungen im Jupitersystem zu beobachten:

Januar					Januar					Januar				
4^d	8^h	54^m	II	Bed. beg.	13^d	6^h	11^m	II	Sch. beg.	22^d	6^h	30^m	II	Verf. end.
	12	4	II	Verf. end.		8	12	II	Vor. end.		7	3	I	Vor. beg.
5	11	50	I	Bed. beg.		9	2	II	Sch. end.		7	40	I	Sch. beg.
6	5	56	II	Vor. end.		10	52	I	Vor. beg.		9	20	I	Vor. end.
	6	24	II	Sch. end.		11	17	I	Sch. beg.		9	57	I	Sch. end.
	9	8	I	Vor. beg.	14	8	1	I	Bed. beg.	23	7	6	I	Verf. end.
	9	22	I	Sch. beg.		10	42	I	Verf. end.	24	6	1	IV	Bed. beg.
	11	25	I	Vor. end.	15	5	45	I	Sch. beg.		7	32	IV	Bed. end.
	11	39	I	Sch. end.		7	35	I	Vor. end.	25	7	3	III	Bed. beg.
7	6	16	I	Bed. beg.		8	2	I	Sch. end.	27	9	58	II	Vor. beg.
	8	47	I	Verf. end.	16	5	28	IV	Sch. end.		11	26	II	Sch. beg.
	10	56	III	Vor. beg.	18	8	47	III	Verf. end.	28	11	32	I	Bed. beg.
	11	59	III	Sch. beg.	20	7	39	II	Vor. beg.	29	8	49	I	Vor. beg.
8	5	51	I	Vor. end.		8	48	II	Sch. beg.		9	5	II	Verf. end.
	6	8	I	Sch. end.		10	29	II	Vor. end.	29	9	34	I	Sch. beg.
11	11	7	II	Bed. beg.		11	39	II	Sch. end.		11	6	I	Vor. end.
13	5	22	II	Vor. beg.	21	9	46	I	Bed. beg.		11	52	I	Sch. end.

Januar

30a	5h	59m	I	Bed. beg.
	9	1	I	Verf. end.
31	6	21	I	Sch. end.

Februar

1	10	28	III	Bed. beg.
5	7	5	III	Sch. end.
	7	6	II	Bed. beg.
	10	35	I	Vor. beg.
	11	29	I	Sch. beg.
	11	41	II	Verf. end.
6	7	47	I	Bed. beg.
	10	57	I	Verf. end.
7	6	13	II	Sch. end.
	7	19	I	Vor. end.
	8	15	I	Sch. end.
10	6	11	IV	Verf. beg.
	8	25	IV	Verf. end.
12	6	57	III	Vor. end.
	7	57	III	Sch. beg.
	9	28	II	Bed. beg.
	11	6	III	Sch. end.
13	9	35	I	Bed. beg.
14	6	43	II	Vor. end.
	6	50	I	Vor. beg.
	7	58	I	Sch. beg.
	8	52	II	Sch. end.
	9	7	I	Vor. end.
	10	10	I	Sch. end.
15	7	21	I	Verf. end.
18	7	26	IV	Vor. end.
19a	7h	31m	III	Vor. beg.
	10	33	III	Vor. end.
	11	51	II	Bed. beg.
	11	57	III	Sch. beg.
20	11	25	I	Bed. beg.
21	8	38	II	Sch. beg.
	8	40	I	Vor. beg.
	9	9	II	Vor. end.
	9	48	I	Sch. beg.
	10	57	I	Vor. end.
	11	30	II	Sch. end.
	12	5	I	Sch. end.
22	9	17	I	Verf. end.
23	6	34	I	Sch. end.
26	11	12	III	Vor. beg.
28	8	49	II	Vor. beg.
	10	30	I	Vor. beg.
	11	16	II	Sch. beg.
	11	39	II	Vor. end.
	11	43	I	Sch. beg.

März

1	7	44	I	Bed. beg.
	11	12	I	Verf. end.
2	7	16	I	Vor. end.
	8	29	I	Sch. end.
	8	44	II	Verf. end.
	8	54	III	Verf. end.
7	9	29	IV	Sch. beg.
	11	20	II	Vor. beg.
	12	9	IV	Sch. end.
8a	9h	37m	I	Bed. beg.
9	7	48	III	Bed. end.
	8	6	I	Sch. beg.
	9	8	I	Vor. end.
	9	53	III	Verf. beg.
	10	24	I	Sch. end.
	11	19	II	Verf. end.
10	7	37	I	Verf. end.
15	8	13	IV	Bed. end.
	11	31	I	Bed. beg.
16	8	33	II	Bed. beg.
	8	38	III	Bed. beg.
	8	44	I	Vor. beg.
	10	1	I	Sch. beg.
	11	1	I	Vor. end.
	11	42	III	Bed. end.
17	9	33	I	Verf. end.
18	8	45	II	Sch. end.
23	10	38	I	Vor. beg.
	11	6	II	Bed. beg.
	11	56	I	Sch. beg.
24	7	54	I	Bed. beg.
	11	28	I	Verf. end.
25	7	24	I	Vor. end.
	8	30	II	Sch. beg.
	8	42	II	Vor. end.
	8	48	I	Sch. end.
	11	23	II	Sch. end.
27	7	57	III	Sch. beg.
	11	11	III	Sch. end.
31	9	50	I	Bed. beg.

5. **Sternbedeckungen** durch den Mond (sichtbar für Berlin):

Tag	Name	Größe	Eintritt	Austritt	Positionswinkel[1]) d. Eintritts	Positionswinkel[1]) d. Austritts	Alter des Mondes[2])
Jan. 21	ξ² Ceti	4.2	10h 17.7m	11h 19.9m	94	227°	8°
26	ν Geminorum	4.6	7 58.5	9 1.9	121	226	13
31	l Leonis	5.4	10 29.7	11 14.1	58	340	18
Febr. 23	ζ Geminorum	3.5	9 32.4	9 50.2	70	293	25
25	δ Cancri	3.9	6 38.1	7 45.1	74	300	27
März 20	m Tauri	5.4	10 25.5	11 22.3	111	241	7
21	χ¹ Orionis	4.6	8 36.0	9 39.6	56	301	8
21	χ⁴ Orionis	5.0	13 24.9	14 17.9	83	278	8
28	58 Ophiuchi	5.0	9 21.3	10 22.9	101	285	15
29	ν¹ Sagittarii	5.0	11 55.7	12 59.7	115	253	16
29	ν² Sagittarii	5.0	12 19.1	13 28.7	96	271	16

1) Vom nördlichsten Punkte des Mondes entgegen dem Uhrzeiger gezählt.

2) Vor Vollmond (Alter ∠ 15 Tage) finden die Eintritte am dunklen Rande statt, die Austritte am hellen, nachher ist es umgekehrt.

6. **Mond**, a) Phasen.

Letztes Viertel	Jan. 7 4h	Febr. 5 14h	März 6 22h
Neumond	13 19	12 7	13 19
Erstes Viertel	20 22	19 18	21 14
Vollmond	29 3	27 19	29 9

b) Apsiden.

Erdnähe	Jan. 12 15h	Febr. 9 20h	März 8 21h
Erdferne	24 19	21 14	21 10

c) Auf- und Untergänge für Berlin.

Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang
Jan. 1	5h 50m	21h 51m	Febr. 1	8h 10m	21h 39m	März 1	7h 11m	20h 6m
4	9 8	23 11	4	11 53	22 45	4	11 0	21 15
7	12 48	—	7	15 45	—	7	14 48	23 7
10	16 47	1 10	10	18 54	2 17	10	17 32	1 11
13	20 18	3 32	13	20 36	6 9	13	19 0	5 2
16	22 12	7 18	16	21 40	9 55	16	20 3	8 46
19	23 18	11 4	19	22 50	13 19	19	21 18	12 10
22	—	14 28	22	—	16 18	22	23 20	15 1
25	1 22	17 33	25	2 31	18 25	25	1 18	16 55
28	3 42	19 51	28	5 57	19 44	28	4 51	18 8

d) Partielle Mondfinsternis am 29. Januar: Beginn 1h 6.1m, Ende 4h 9.9m. Der Mond wird zu $^{71}/_{100}$ verfinstert, die Finsternis ist nur in Asien, Australien und Nord-Amerika sichtbar sowie gegen ihr Ende im östlichen Europa, in Berlin geht der Mond erst 4h 43m, eine halbe Stunde nach Ende der Finsternis, auf.

7. **Sonne.**

Sonntag	Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag	Zeitgleichung mittl. — wahre Z.	Deklination	Aufgang für Berlin	Untergang für Berlin
Jan. 6	18h 59m 31.02s	+ 5m 35.62s	−22° 36.3′	8h 19m	4h 5m
13	19 27 6.92	8 31.06	21 37.8	8 15	4 15
20	19 54 42.81	10 56.57	20 18.9	8 8	4 26
27	20 22 18.71	12 45.17	18 41.2	7 59	4 39
Febr. 3	20 49 54.59	13 54.16	16 46.9	7 49	4 52
10	21 17 30.48	14 23.90	14 38.3	7 36	5 5
17	21 45 6.36	14 15.73	12 17.6	7 23	5 19
24	22 12 42.23	13 32.09	9 47.4	7 8	5 32
März 3	22 40 18.10	12 18.10	7 10.0	6 53	5 45
10	23 7 53.97	10 40.75	4 27.5	6 37	5 58
17	23 35 29.84	8 46.66	— 1 42.2	6 21	6 10
24	0 3 5.70	6 41.71	+ 1 3.7	6 4	6 22
31	0 30 41.57	4 32.75	+ 1 48.1	5 47	6 35

Am 21. März 7h tritt die Sonne in das Himmelszeichen des Widders ein und beginnt damit der Frühling.

Am 13. Januar findet eine totale Sonnenfinsternis statt, die um 16^h 53^m in Turkestan beginnt und um 21^h 18^m in der Mandschurei endigt. In Berlin ist sie völlig unsichtbar. Zur Beobachtung der Totalität begeben sich drei Expeditionen, eine französische, eine deutsche (Schorr, Schwassmann, Graff von Hamburg), eine russische (Wittram, Hansky) über Petersburg in die Nähe von Samarkand, wo die Totalität bald nach Sonnenaufgang eintritt; über eine Besetzung von chinesischen Stationen durch Expeditionen ist nichts bekannt geworden.



J. J. Thomson, Elektrizitäts-Durchgang in Gasen. Deutsche autorisierte Ausgabe. Unter Mitwirkung des Autors besorgt und ergänzt von Erich Marx. Gr. 8°. VIII u. 587 S. mit 187 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner. 1905—1906. Mk. 18,—.

Die allseitig mit großer Ungeduld und mit ebenso großer Spannung erwartete deutsche Ausgabe des schönen Thomsonschen Standardwerkes „Conduction of Electricity through Gases" liegt nunmehr abgeschlossen vor. Herr Erich Marx hat sich der mühevollen, aber auch dankenswerten Arbeit unterzogen, das englische Original nicht nur zu übersetzen, sondern es auch durch Zusätze zu erweitern und dem heutigen Stande der Forschung entsprechend zu ergänzen; auch einige Kürzungen sind vorgenommen worden. Die Vorzüge des Originals sind hinreichend bekannt, so daß ich mich füglich auf die Besprechung der Übersetzung und Überarbeitung beschränken kann. Die überaus heikle Aufgabe, ein fremdes Werk zu ergänzen, hat Herr Marx in äußerst geschickter Weise gelöst. Seine Zusätze sind durchweg als solche kenntlich gemacht. Maßgebend ist für Herrn Marx bei der Bearbeitung der Gesichtspunkt gewesen, den der englische Autor in der Vorrede mit folgenden Worten kennzeichnet:

„Ich habe in diesem Werke beabsichtigt, die Ansicht zu entwickeln, daß die Leitung der Elektrizität durch Gase durch die Anwesenheit kleiner Teilchen verursacht ist, welche, mit Elektrizität beladen, als Ionen bezeichnet werden und sich unter dem Einfluß des elektrischen Feldes nach verschiedenen Seiten bewegen. Ich wollte zeigen, daß sich die verschiedenen Erscheinungen, die man beobachtet, wenn Elektrizität durch Gase hindurchgeht, durch diese Annahme zusammenfassen lassen; weit mehr hierauf war mein Streben gerichtet, als etwa darauf, eine vollständige Darstellung der sehr verschiedenen Untersuchungen zu geben, welche über die elektrischen Eigenschaften der Gase angestellt sind; ich habe mich deshalb größtenteils auf die Phänomene be-

schränkt, welche Resultate ergeben, die hinreichend präzisiert sind, um als Prüfstein dieser Theorie dienen zu können.“ —

Herr Marx ist sichtlich und mit Erfolg bemüht gewesen, durch die Übersetzung den Stil des Autors möglichst wenig zu verändern. Dennoch möchte ich meine persönliche — natürlich durchaus unmaßgebliche — Ansicht dahin aussprechen, daß stellenweise durch eine freiere Behandlung des Textes, vor allen Dingen durch Kürzung der Perioden, die Verständlichkeit hätte erhöht werden können. Es liegt mir vollkommen fern, hiermit gegen den Übersetzer einen Vorwurf erheben zu wollen. Bei derartigen Übersetzungen wird stets ein Konflikt zwischen der Pietät gegen das Original und dem Streben nach Verständlichkeit und Deutlichkeit eintreten, und es wird in jedem Einzelfalle dem Übersetzer überlassen bleiben müssen, aus diesem Konflikt einen Ausweg zu finden. — Die in dem deutschen Titel „Elektrizitäts-Durchgang in Gasen“ liegende sprachliche Härte läßt sich allerdings auch mit der Worttreue gegen das Original nicht verteidigen. Warum nicht, wie anscheinend ursprünglich beabsichtigt gewesen ist, „Leitung der Elektrizität durch Gase“.

Hinsichtlich der — sonst vortrefflichen — äußeren Ausstattung ist zu bemerken, daß die anscheinend verwendeten Originalklischees jedenfalls für rauheres Papier gedacht gewesen sind, und daß infolgedessen die Figuren auf dem für die deutsche Ausgabe gewählten ziemlich glatten Papier nicht sehr vorteilhaft wirken. Jedenfalls hätte die Figur 41 durch eine neue ersetzt werden sollen. Sie entspricht nämlich bereits in der Originalausgabe nicht den Angaben im Texte. Der Zylinder EFGH soll, wie der Text besagt, länger sein als der Draht AB; er ist aber kürzer gezeichnet.

Erfreulich gering ist die Anzahl der Druckfehler. Die Vertauschung der Fußnoten auf Seite 4 und 5 ist vermutlich beim Umbrechen des Satzes erfolgt und daher bei der Korrektur unberücksichtigt geblieben.

Ich möchte nicht unerwähnt lassen, daß durch die Anbringung der zahlreichen Marginalien die deutsche Ausgabe sehr handlich gestaltet worden ist und auch als Nachschlagewerk bequem verwendbar geworden ist.

Durch die Ausstellungen, welche ich in den vorstehenden Zeilen gegen einzelne Äußerlichkeiten des Buches gemacht habe, möchte ich keineswegs die außerordentlichen Verdienste verkleinern, welche sich Herr Marx und die Teubnersche Verlagsbuchhandlung durch die Herausgabe der deutschen Übersetzung erworben haben. Mi.

Henri Poincaré. Wissenschaft und Hypothese. Autorisierte deutsche Ausgabe mit erläuternden Anmerkungen von F. und L. Lindemann. 8°. XVI u. 342 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1904.

Wer einen Blick in die Werkstatt des Forschers zu tun wünscht, dem sei das geistvolle Buch Poincarés, das dank der trefflichen Übersetzung durch die Übertragung ins Deutsche nichts von seinem Reize eingebüßt hat, angelegentlich empfohlen. Er wird aus ihm eine Fülle der Anregung schöpfen. Mi.

A. Kistner. Geschichte der Physik. Band 1. Die Physik bis Newton. 113 S. mit 13 Figuren. Band 2. Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. 130 S. mit 4 Fig. 2 Bände, kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschensche Verlagshandlung, 1906. (Sammlung Göschen Band 293 und 294). Preis in Leinw. geb. je 80 Pfg.

Das Interesse an der Geschichte der Wissenschaften, und besonders an der Geschichte der Naturwissenschaften, gewinnt in neuerer Zeit erfreulicherweise mehr und mehr an Boden. Unter diesen Verhältnissen kann natürlich ein Autor, der in knapper Form die Hauptstadien der Entwicklung der Physik dem Leser vor Augen führt, im voraus auf einen großen Leserkreis rechnen. Vermögen doch die wertvollen einschlägigen Werke von Heller und von Poggendorff nebst einer ganzen Reihe anderer, die hier zu nennen, zu weit führen würde, vermögen doch all diese Werke wegen ihres großen Umfanges und ihres dementsprechend hohen Preises das Bedürfnis breiterer Schichten naturgemäß nicht zu befriedigen. Diesem Bedürfnis nun kommt die hier vorliegende Arbeit des Herrn Kistner in glücklicher Weise entgegen. Der Verfasser hat es verstanden, bei aller Kürze und Sachlichkeit durchgehends eine ansprechende Darstellungsweise zu bewahren und den trockenen Ton einer nüchternen Aufzählung zu vermeiden, ein Vorzug, der wärmste Anerkennung verdient. — Wie nicht anders zu erwarten, wird mancher durch Überlieferung klassisch gewordene Irrtum hier berichtigt, wie beispielsweise die Legende vom Papinschen Dampfboot. Es wäre in der Tat an der Zeit, manche landläufig gewordene Benennung — ich erinnere nur an den Cartesianischen Taucher — einer gründlichen Prüfung zu unterziehen! — Einigermaßen in Erstaunen versetzt hat es mich, daß Herr Kistner bei Erwähnung der Jenenser Gläser nur die Firma Karl Zeiß, nicht aber auch die Firma Schott und Genossen genannt hat. — Das Geburtsjahr Pacinottis ist irrtümlich als Todesjahr angegeben worden. — Die Ansicht, welche Herr Kistner in seinem Schlußwort zum Ausdruck bringt, daß nämlich vor allem die Radiumforschung dazu berufen scheine, „das alte, aber noch heute zutreffende Wort von du Bois-Reymond seiner Wahrheit zu berauben: ‚Vor der Frage, was der Stoff sei, stehen wir noch so ratlos, wie die alten römischen Philosophen'“, diese Ansicht vermag ich nicht zu teilen. Vielmehr glaube ich, daß wir uns trotz aller Forschungsergebnisse auf dem Gebiete der Radioaktivität nach wie vor mit dem unerbittlichen „Ignorabimus“ werden bescheiden müssen:

„In's Inn're der Natur dringt kein erschaff'ner Geist;
Zu glücklich, wann sie noch die äuß're Schale weist!“ —

Die Ausstattung der beiden Bändchen weist alle bekannten Vorzüge der früheren Nummern der Göschenschen Sammlung auf und wird im Verein mit dem niedrigen Anschaffungspreise nicht wenig zur Verbreitung der vortrefflichen Schrift beitragen.

Mi.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Heinrich Rudolf Hertz.

Zum 22. Februar 1907.

Von **Max Iklé** in Wilmersdorf bei Berlin.

Denn er war unser! Mag das stolze Wort
Den lauten Schmerz gewaltig übertönen!

Der 22. Februar 1907 ist für die gesamte deutsche Wissenschaft, in erster Linie für die deutsche Physik, ein Tag stolzen und zugleich wehmütigen Gedenkens. Es ist der Tag, da vor 50 Jahren Heinrich Rudolf Hertz geboren ward, der leider allzujung verstorbene geniale Forscher, dessen vielseitige wissenschaftliche Leistungen ein Ruhmesblatt in den Annalen deutscher Geistesarbeit bilden. Dem Andenken dieses Mannes sollen die folgenden Blätter gewidmet sein.

Es ist nicht meine Absicht, hier eine ausführliche Übersicht oder eine eingehende Würdigung seiner vielen verdienstvollen Arbeiten zu geben. Das ist von Berufeneren mehrfach geschehen und würde in dem mir zu Gebote stehenden Raume schier unausführbar sein. Sein Lebenswerk liegt gesammelt in drei stattlichen Bänden vor uns, und dessen Früchten begegnen wir auf Schritt und Tritt. Wie wären beispielsweise die heute im Mittelpunkte des allgemeinen Interesses stehenden gewaltigen Erfolge der drahtlosen Telegraphie — die Verdienste eines Marconi, eines Slaby und vieler anderer in allen Ehren! — wie wären diese gewaltigen Erfolge möglich, hätte uns nicht Hertz gelehrt, elektrische Wellen durch den Luftraum zu entsenden?! Führt nicht die Geschichte der Kathodenstrahlen und der ihnen verwandten Strahlungsarten gleichfalls zurück auf die Arbeiten von Hertz?!

Meine Absicht ist vielmehr, ein möglichst getreues Bild des Lebens und der Persönlichkeit von Heinrich Hertz zu geben. Doch „was kann man

von anderen mitteilen, als so und so viele Eigenschaften? Das eigentliche Wesen ist unbeschreiblich". Der Richtigkeit dieses Wortes von Paul Heyse bin ich mir vollauf bewußt. Dennoch möchte ich versuchen, das Bild unseres Hertz wenigstens in seinen Hauptzügen so wiederzugeben, wie es in mir lebendig ist.

Heinrich Rudolf Hertz wurde am 22. Februar 1857 zu Hamburg als ältester Sohn des Rechtsanwalts und späteren Senators Gustav Hertz geboren. Seinen ersten Unterricht erhielt er teils in der höheren Bürgerschule des Dr. Lange[1]), teils im elterlichen Hause. Um Ostern 1874 trat er dann in die Oberprima der Gelehrtenschule des Johanneums zu Hamburg ein, welche er ein Jahr später mit dem Zeugnis der Reife verließ. Bereits während seiner Schulzeit zeigten sich seine schnelle Fassungsgabe, sein geradezu phänomenales Gedächtnis und seine unerschütterliche Pflichttreue, Eigenschaften, die ihn bis an sein Ende auszeichneten. Sein Interesse wandte sich in dieser Zeit nicht nur der Mathematik und den Naturwissenschaften zu, den Gebieten, auf denen er später so Außerordentliches leisten sollte, sondern auch den Sprachwissenschaften. Noch nach Jahren konnte er, wie Max Planck[2]) mitteilt, seitenlang aus dem Homer und aus den griechischen Tragikern frei rezitieren. Seine Mußestunden widmete er teilweise dem Studium des Arabischen[3]). Seine Leistungen nach dieser Seite hin waren so bedeutend, daß sein Privatlehrer dem Vater ernstlich riet, ihn für das Sprachstudium zu bestimmen. Doch waren seine Neigungen mehr auf die naturwissenschaftlichen Fächer gerichtet, und er beschloß demgemäß, Ingenieur zu werden. Schon seit seinem zwölften Jahre besaß er eine Drehbank, an der er viel und gern arbeitete, und mit deren Hilfe er sich für seinen Gebrauch mancherlei Apparate, darunter ein vollständiges Spektroskop, hergestellt hatte. Auch in seinen Universitätsjahren benutzte er später diese Drehbank, um sich in den Ferien verschiedene Hilfsapparate zu verfertigen. Während seiner Schuljahre besuchte er fleißig die Gewerbeschule, wo er sich eifrig im Zeichnen übte.

Nach dem Abgang von der Gelehrtenschule begab sich Hertz nach Frankfurt a. M., dem Geburtsorte seiner Mutter, um zunächst ein Jahr

---

[1]) H. v. Helmholtz, Vorwort zu Heinrich Hertz, Die Prinzipien der Mechanik. Gesammelte Werke III, S. 8, bezeichnet diese Schule irrtümlich als städtische.

[2]) Max Planck, Heinrich Rudolf Hertz. Rede zu seinem Gedächtnis; gehalten in der Sitzung der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 16. Februar 1894.

[3]) Daß er auch Sanskritstudien getrieben habe, beruht, nach einer freundlichen Mitteilung von Frau Professor Elisabeth Hertz, auf einem Irrtum.

lang praktisch zu arbeiten, und zwar als Volontär beim Bau der neuen Mainbrücke. Den Sommer 1876 verbrachte er dann in Dresden, wo er am Polytechnikum studierte. Am 1. Oktober trat er darauf als Einjährig-Freiwilliger beim Eisenbahn-Bataillon zu Berlin ein.

Im Herbst 1877 zog der junge Hertz dann nach München, um dort seine Studien fortzusetzen. Doch bald fühlte er, daß er in dem gewählten Berufe nicht die erhoffte Befriedigung würde finden können, daß es ihn vielmehr mit aller Macht zum Studium der exakten Naturwissenschaften dränge. Der Brief vom 1. November 1877, in dem er diese seine Zweifel den Eltern offenbart und deren Entscheidung anruft, ist in der Einleitung abgedruckt, die Ph. Lenard dem ersten Bande der gesammelten Werke vorausgeschickt hat[1]). Wie Hertz erwartet hatte, legten die Eltern seinen Wünschen nichts in den Weg, und nun wandte er sich mit aller Energie den Naturwissenschaften zu. Das Wintersemester 1877/78 verwandte er hauptsächlich auf das Studium der Mathematik und Mechanik, größtenteils auf die Durcharbeitung von Originalwerken. Den folgenden Sommer widmete er dann in erster Linie praktischen Übungen im Laboratorium in den Anfängerkursen der Universität und der Technischen Hochschule, unter der Leitung von v. Jolly und Beetz[2]).

Im Oktober 1878 bezog er die Universität Berlin, um seine Studien unter der Leitung von Kirchhoff und v. Helmholtz fortzusetzen. Besonders Helmholtz sollte auf seine spätere Entwicklung Einfluß gewinnen. In Berlin machte sich der junge Student sogleich an die Lösung einer Preisaufgabe, die seitens der philosophischen Fakultät gestellt worden war. Am 31. Oktober schreibt er hierüber an die Eltern: „Eine der Preisaufgaben für dies Jahr fällt nämlich mehr oder weniger in mein Fach und ich werde versuchen, sie zu bearbeiten[3])". Über den Fortgang dieser Arbeit, „welche man für das Werk eines langerfahrenen Forschers nehmen möchte[4])", und die er trotz oftmals überaus ungünstiger Verhältnisse doch zu erfolgreichem Abschluß brachte, geben seine bei Lenard[5]) auszugsweise abgedruckten Briefe an die Eltern Aufschluß. Auffallenderweise berichtet er in diesen Briefen immer nur von Schwierigkeiten, die ihm die experimentelle Ausführung, nie aber von solchen, die

---

[1]) Daselbst, S. IX—XII.

[2]) In der Lenardschen Einleitung steht S. XII irrtümlich „v. Bezold", worauf mich Frau Professor Hertz freundlichst aufmerksam gemacht hat.

[3]) Mitgeteilt bei Lenard, Einleitung zu den Gesammelten Werken von Heinrich Hertz. Bd. I, S. XII.

[4]) Lenard, a. a. O. S. XIII.

[5]) a. a. O. S. XII u. ff.

ihm die Entwicklung der doch keineswegs einfachen Theorie bereitet. Überhaupt ist die Leichtigkeit und Sicherheit erstaunlich, mit der er stets durch ihm noch unbekannte oder gar überhaupt noch unerschlossene Gebiete der Wissenschaft sich seinen Weg, und fast stets den gerade auf das Ziel hinführenden Weg, zu bahnen wußte. Mathematische Schwierigkeiten gab es für ihn nicht. Natürlich konnte es bei solcher Pfadfinderarbeit nicht ausbleiben, daß der junge Student gelegentlich zu Ergebnissen gelangte, die keineswegs mehr neu waren. War es doch ausgeschlossen für ihn, bereits zu übersehen, was angebautes Gebiet sei, und was noch unbebautes. Ich möchte hier aus der Lenardschen Einleitung eine Stelle



Heinrich Hertz, (Jugendbildnis)
aus dem Dezember 1865.

aus einem Briefe an die Eltern vom 9. Februar 1879 mitteilen. „Auch Kirchhoff ist in seinen Vorlesungen jetzt zum Magnetismus gekommen, und ein großer Teil dessen, was er vorträgt, stimmt mit dem überein, was ich mir im Herbst zu Hause selbst entwickelt habe. Es ist nun zwar sehr unangenehm, hören zu müssen, daß das alles schon sehr alte Geschichten sind, aber die Vorlesung wird einem dadurch bedeutend interessanter. Hoffentlich wird mein Wissen bald so weit sein, daß ich weiß, was schon getan ist, und mir nicht die Mühe mache, dasselbe

nochmals zu suchen[1])“. Seine Behandlung der Preisaufgabe wurde von der Fakultät mit dem Preise gekrönt. Es ist die Arbeit „Versuche zur Feststellung einer oberen Grenze für die kinetische Energie der elektrischen Strömung[2])“.

Im Jahre 1879 hatte die Akademie der Wissenschaften auf Vorschlag von Helmholtz als Preisarbeit die Aufgabe gestellt, irgend eine Beziehung zwischen den elektrodynamischen Kräften und der dielektrischen Polarisation der Isolatoren experimentell nachzuweisen. Helmholtz hatte dieses Thema in Vorschlag gebracht in der bestimmten Erwartung, daß Hertz es bearbeiten würde. Indessen verzichtete Hertz zunächst darauf,



Prof. Heinrich Hertz in seinen letzten Lebensjahren.

sich an die Lösung zu wagen. Er sollte jedoch später auf diese Frage zurückkommen, und sie sollte den Ausgangspunkt bilden für die epochemachenden Untersuchungen, denen er seine Berühmtheit verdankt. Lesen wir, was er selbst darüber schreibt: In der einleitenden Übersicht, die er der Sammlung seiner einschlägigen Arbeiten vorausgeschickt hat[3]), heißt es:

[1]) a. a. O. S. XVII.

[2]) Wied. Ann. 10, 414—448, 1880. — Gesammelte Werke I, 1—36, 1895.

[3]) Heinrich Hertz, Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft. Gesammelte Werke II, 1—2, 1892.

„Ich überlegte mir die Aufgabe und berechnete den Erfolg, welcher sich etwa unter den günstigsten Verhältnissen erwarten ließ, unter Anwendung der Schwingungen Leydener Flaschen oder offener Inductionsapparate. Das Ergebnis war freilich nicht das gewünschte; es zeigte sich, daß eine unzweifelhafte Wirkung kaum zu hoffen war, vielmehr nur eine solche, welche an der Grenze der Beobachtung lag. Ich verzichtete deshalb auf die Bearbeitung jener Aufgabe; es ist mir auch nicht bekannt geworden, daß dieselbe eine anderweitige Bearbeitung gefunden hätte. Es blieb aber mein Ehrgeiz, die damals aufgegebene Lösung später dennoch auf irgend einem neuen Wege zu finden, zugleich war meine Aufmerksamkeit geschärft für alles, was mit elektrischen Schwingungen zusammenhing. Es war nicht wohl möglich, daß ich eine neue Form solcher Schwingungen übersehen konnte, falls ein glücklicher Zufall mir eine solche in die Hände spielte."

Kehren wir zum Herbst 1879 zurück, so sehen wir Hertz in den Ferien daheim Vorstudien zu einer theoretischen Untersuchung machen. Im November begann er dann diese Arbeit, welche er bereits im Januar 1880 der philosophischen Fakultät als Doktordissertation vorlegen konnte. Auf Grund dieser Arbeit „Über die Induction in rotirenden Kugeln", die das Prädikat „Acuminis et doctrinae specimen laudabile" erhielt, und eines glänzend bestandenen Examens wurde ihm der Doktortitel „magna cum laude" verliehen.

Es ist indessen, wie gesagt, nicht meine Absicht, auf alle die Arbeiten einzugehen, die jetzt in rascher Folge erschienen. Sie behandeln Fragen aus den verschiedensten Gebieten der Physik.

Im Oktober 1880 wurde Hertz Assistent bei v. Helmholtz im physikalischen Institut der Berliner Universität. Im Frühjahr 1883 habilitierte er sich dann als Privatdozent für theoretische Physik in Kiel. Zwei Jahre später folgte er einem Rufe als ordentlicher Professor der Physik an die Technische Hochschule zu Karlsruhe. Hier führte er seine weltberühmten Untersuchungen aus. Hier gründete er sich auch einen eigenen Herd mit der Tochter eines Kollegen, Fräulein Elisabeth Doll. Im Frühjahre 1889 nahm er einen Ruf als Ordinarius für Physik an die Universität Bonn, auf den durch den Tod von Clausius erledigten Lehrstuhl, an.

„In den nun folgenden, leider so kurzen Jahren seines Lebens brachten ihm seine Zeitgenossen alle äußeren Zeichen der Ehre und Anerkennung entgegen. Im Jahre 1888 wurde ihm die Matteucci-Medaille von der italienischen Gesellschaft der Wissenschaften, 1889 von der Academie des Sciences in Paris der Preis La Caze und von der K. K. Akademie zu Wien der Baumgartner-Preis, 1890 die Rumford-

Medaille von der Royal Society in London, 1891 der Bressa-Preis von der Königlichen Akademie in Turin verliehen.

„Die Akademien von Berlin, München, Wien, Göttingen, Rom, Turin und Bologna sowie viele andere gelehrte Gesellschaften wählten ihn zum korrespondierenden Mitglied, und die preußische Regierung verlieh ihm den Kronenorden[1])".

Reiche Ehrungen wurden ihm auch seitens der deutschen Naturforscher zuteil, als er am 20. September 1889 auf der 62. Versammlung



Michael Faraday.

deutscher Naturforscher und Ärzte zu Heidelberg in einem lichtvollen Vortrage „Über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität[2])" die Ergebnisse seiner einschlägigen Versuche vorlegte und mit folgenden Sätzen schloß:

„Soweit die Versuche. Bei Anstellung derselben stehen wir schon ganz und voll im Gebiete der Lehre vom Lichte. Indem wir die Ver-

[1]) H. v. Helmholtz, a. a. O. S. XIX.

[2]) Bonn, Emil Strauss, 1889. — Gesammelte Werke I, 339—354, 1895.

suche planen, indem wir sie beschreiben, denken wir schon nicht mehr elektrisch, wir denken optisch. Wir sehen nicht mehr in den Leitern Ströme fließen, Elektrizitäten sich ansammeln; wir sehen nur noch die Wellen in der Luft, wie sie sich kreuzen, wie sie zerfallen, sich vereinigen, sich stärken und schwächen. Von dem Gebiete rein elektrischer Erscheinungen ausgehend, sind wir Schritt vor Schritt zu rein optischen Erscheinungen gelangt. Die Paßhöhe ist überschritten; der Weg senkt, ebnet sich wieder. Die Verbindung zwischen Licht und Elektrizität, welche die Theorie ahnte, vermutete, voraussah, ist hergestellt, den Sinnen faßlich, dem natürlichen Geiste verständlich. Von dem höchsten Punkte, den wir erreicht haben, von der Paßhöhe selbst, eröffnet sich uns ein weiter Einblick in beide Gebiete. Sie erscheinen uns größer, als wir sie bisher gekannt. Die Herrschaft der Optik beschränkt sich nicht mehr auf Ätherwellen, welche kleine Bruchteile des Millimeters messen, sie gewinnt Wellen, deren Länge nach Decimetern, Metern, Kilometern rechnen. Und trotz dieser Vergrößerung erscheint sie uns von hier gesehen nur als ein kleines Anhängsel am Gebiete der Elektrizität. Dieses letztere gewinnt am meisten. Wir erblicken Elektrizität an tausend Orten, wo wir bisher von ihrem Vorhandensein keine sichere Kunde hatten. In jeder Flamme, in jedem leuchtenden Atome sehen wir einen elektrischen Prozeß. Auch wenn ein Körper nicht leuchtet, solange er nur noch Wärme strahlt, ist er der Sitz elektrischer Erregungen, So verbreitet sich das Gebiet der Elektrizität über die ganze Natur. Es rückt auch uns selbst näher, wir erfahren, daß wir in Wahrheit ein elektrisches Organ haben, das Auge. Dies ist der Ausblick nach unten, zum Besonderen. Nicht minder lohnend erscheint von unserem Standpunkte der Ausblick nach oben, zu den hohen Gipfeln, den allgemeinen Zielen. Da liegt nahe vor uns die Frage nach den unvermittelten Fernwirkungen überhaupt. Gibt es solche? Von vielen, welche wir zu besitzen glaubten, bleibt uns nur eine, die Gravitation. Täuscht uns auch diese? Das Gesetz, nach welchem sie wirkt, macht sie schon verdächtig. In anderer Richtung liegt nicht ferne die Frage nach dem Wesen der Elektrizität. Von hier gesehen, verbirgt sie sich hinter der bestimmteren Frage nach dem Wesen der elektrischen und magnetischen Kräfte im Raume. Und unmittelbar an diese anschließend erhebt sich die gewaltige Hauptfrage nach dem Wesen, nach den Eigenschaften des raumerfüllenden Mittels, des Äthers, nach seiner Struktur, seiner Ruhe oder Bewegung, seiner Unendlichkeit oder Begrenztheit. Immer mehr gewinnt es den Anschein, als überrage diese Frage alle übrigen, als müsse die Kenntnis des Äthers uns nicht allein das Wesen der ehemaligen Imponderabilien offenbaren, sondern auch das Wesen der

alten Materie selbst und ihrer innersten Eigenschaften, der Schwere und der Trägheit, Die Quintessenz uralter physikalischer Lehrgebäude ist uns in den Worten aufbewahrt, daß alles, was ist, aus dem Wasser, aus dem Feuer geschaffen sei. Der heutigen Physik liegt die Frage nicht mehr ferne, ob nicht etwa alles, was ist, aus dem Äther geschaffen sei? Diese Dinge sind die äußersten Ziele unserer Wissenschaft, der Physik. Es sind, um in unserem Bilde zu verharren, die letzten, vereisten Gipfel ihres Hochgebirges. Wird es uns vergönnt sein, jemals auf einen dieser Gipfel den Fuß zu setzen? Wird dies spät geschehen? Kann es bald



James Clerk Maxwell.

sein? Wir wissen es nicht. Aber wir haben einen Stützpunkt für weitere Unternehmungen gewonnen, welcher eine Stufe höher liegt als die bisher benützten; der Weg schneidet hier nicht ab an einer glatten Felswand, sondern wenigstens der nächste absehbare Teil des Anstieges erscheint noch von mäßiger Neigung, und zwischen den Steinen finden wir Pfade, die nach oben führen; der eifrigen und geübten Forscher sind viele; — wie könnten wir da anders als hoffnungsvoll den Erfolgen zukünftiger Unternehmungen entgegensehen?"

Durch die Untersuchungen, über deren Ergebnisse Hertz in diesem Vortrage berichtet, wurde zum ersten Male die Faraday-Maxwellsche Anschauungsweise experimentell gestützt. Es ist das gewaltige Verdienst von Hertz, dieser Theorie, die sich in England bereits hohen Ansehens

erfreut hatte, nunmehr auch in Deutschland zu allgemeiner Anerkennung verholfen und die Annahme unvermittelt wirkender Fernkräfte verdrängt zu haben. Würden diese Untersuchungen allein das Lebenswerk dieses Mannes bilden, sie würden hinreichen, um für sich allein den Namen Heinrich Rudolf Hertz für alle Zeiten zu verklären. Zu diesen Arbeiten stehen unsere Illustrationen in Beziehung: sie zeigen die Anordnung des klassischen Spiegelversuches von Hertz sowie die Bildnisse von Faraday und von Maxwell.

In Bonn begann er sein letztes Werk: „Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt", das ganz zu vollenden ihm nicht mehr beschieden sein sollte. Es liegt uns jetzt, von seinem Schüler Ph. Lenard nach seinen Aufzeichnungen und Angaben ausgearbeitet, als dritter Band der „Gesammelten Werke" vor.

Bereits im Sommer 1892 zeigten sich die ersten Spuren seiner Krankheit. Seiner eigenen Meinung nach von einem kariösen Zahn ausgehend, machte sich eine Eiterung im Oberkiefer bemerkbar. Im November wurde eine Operation ausgeführt, durch die das Übel behoben zu sein schien. Der Schluß eines vom 5. Dezember 1892 datierten Briefes — vermutlich an A. König —, der, dank dem freundlichen Entgegenkommen des Herrn Prof. Ludwig Darmstaedter, in Faksimile diesen Blättern beigefügt ist, zeigt, daß er selbst jetzt jede Gefahr für beseitigt erachtete. Es sollte anders kommen. Weder diese Operation, noch eine Wiederholung, weder ein Frühlingsaufenthalt an der Riviera, noch ein Herbstaufenthalt in Reichenhall im Jahre 1893 vermochten, dem Übel Einhalt zu tun. Im November 1893 traten die Anzeichen allgemeiner Blutvergiftung auf. Aber noch bis in den Dezember hinein war und blieb er rastlos tätig, hielt seine Vorlesungen und bereitete neue Arbeiten vor. Am 1. Januar 1894 erlöste ihn der Tod von seinen Leiden.

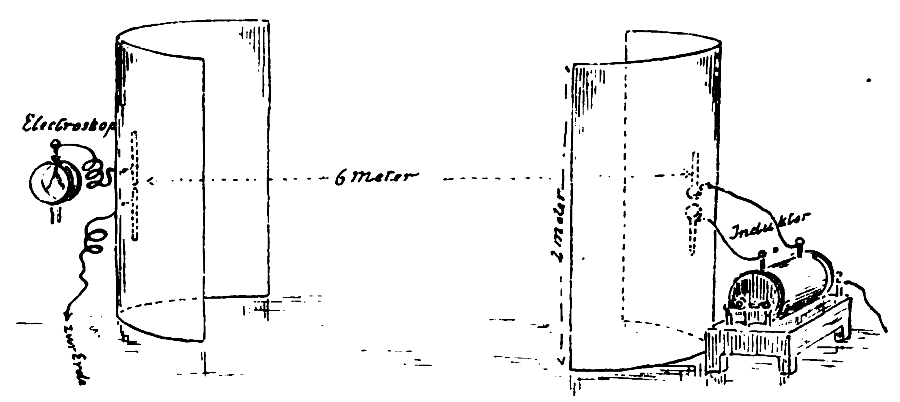
„In alter, klassischer Zeit," so schreibt H. v. Helmholtz [1]), „würde man gesagt haben, er sei dem Neide der Götter zum Opfer gefallen. Hier schienen Natur und Schicksal in ganz ungewöhnlicher Weise die Entwicklung eines Menschengeistes begünstigt zu haben, der alle zur Lösung der schwierigsten Probleme der Wissenschaft erforderlichen Anlagen in sich vereinigte. Es war ein Geist, der ebenso der höchsten Schärfe und Klarheit des logischen Denkens fähig war, wie der größten Aufmerksamkeit in der Beobachtung unscheinbarer Phänomene. Der uneingeweihte Beobachter geht an solchen leicht vorüber, ohne auf sie

[1]) a. a. O. S. VII und VIII.

zu achten; dem schärferen Blicke aber zeigen sie den Weg an, durch den er in neue unbekannte Tiefen der Natur einzudringen vermag.

„Heinrich Hertz schien prädestiniert zu sein, der Menschheit solche neue Einsicht in viele bisher verborgene Tiefen der Natur zu erschließen, aber alle diese Hoffnungen scheiterten an der tückischen Krankheit, die, langsam und unaufhaltsam vorwärts schleichend, dieses der Menschheit so kostbare Leben vernichtete und alle darauf gesetzten Hoffnungen grausam zerstörte.

„Ich selbst habe diesen Schmerz tief empfunden, denn unter allen Schülern, die ich gehabt habe, durfte ich Hertz immer als denjenigen betrachten, der sich am tiefsten in meinen eigenen Kreis von wissenschaftlichen Gedanken eingelebt hatte, und auf den ich die sichersten Hoff-



Hertzscher Spiegelversuch.

nungen für ihre weitere Entwicklung und Bereicherung glaubte setzen zu dürfen."

Das Hinscheiden von Heinrich Hertz weckte tiefe Trauer allüberall, wo der Wissenschaft und der Forschung Interesse entgegengebracht wird. Mit ihm ging nicht nur ein großer Gelehrter dahin, sondern auch ein edler Mensch, ein Mensch, dem es beschieden gewesen war, keine Feinde, keine Neider zu haben. Wie wäre das auch anders zu erwarten gewesen bei einem Manne, der wie er stets bemüht war, den Verdiensten anderer volle Gerechtigkeit widerfahren zu lassen. Zwei Stellen aus seinen Schriften mögen als Beleg dafür hier Platz finden:

In der bereits zitierten „Einleitenden Übersicht" zu den „Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft" schreibt er:

„Während diese Arbeit im Druck war, sollte ich erfahren, daß ihr Inhalt nicht völlig so neu war, wie ich glaubte. Der Geographentag

von April 1887 führte Herrn W. von Bezold nach Karlsruhe und in mein Institut; ich sprach ihm von meinen Versuchen, er antwortete mir, daß er ähnliche Erscheinungen schon vor einer Reihe von Jahren beobachtet habe, und machte mich aufmerksam auf seinen Aufsatz: „Untersuchungen über die elektrische Entladung" im 140. Bande der Poggendorffschen Annalen. Dieser Aufsatz war mir völlig entgangen, da er sich auf ganz andere Dinge als auf elektrische Schwingungen, nämlich auf die Lichtenbergischen Figuren zu beziehen schien, wie er denn auch keine seinem wichtigen Inhalt entsprechende Beachtung gefunden zu haben scheint. In einem Nachtrag zu der vorigen Arbeit erkannte ich die älteren Rechte Herrn von Bezolds auf eine ganze Reihe von Beobachtungen an. An Stelle dieses Nachtrages ist hier als zweite Nummer mit der freundlichen Genehmigung Herrn von Bezolds derjenige Teil seiner Abhandlung mitgeteilt, welcher sich auf den uns hier interessierenden Gegenstand bezieht. Man wird sich jetzt fast mit Erstaunen fragen, wie es möglich war, daß so wichtige und so bestimmt ausgesprochene Ergebnisse keinen größeren Einfluß auf den Gang der Wissenschaft ausgeübt haben. Vielleicht hat hierzu der Umstand beigetragen, daß Herr v. Bezold seine Mitteilung als eine vorläufige bezeichnet hatte."

„Es sei mir gestattet, an dieser Stelle auch der Verdienste zweier englischer Fachgenossen zu gedenken, welche gleichzeitig mit mir dem gleichen Ziele zustrebten. Professor Oliver Lodge in Liverpool hat in den gleichen Jahren, in welchen ich die hier beschriebene Arbeit ausführte, die Theorie des Blitzableiters verfolgt und dabei eine Reihe von Versuchen über die Entladung sehr kleiner Kondensatoren angestellt, welche ihn auf die Beobachtung von Schwingungen und Wellen in Drähten führten. Da er vollständig auf dem Boden der Maxwellschen Anschauungen stand und eifrig bestrebt war, diese Anschauungen zu erweisen, so ist kaum zu zweifeln, daß, wenn ich ihm nicht zuvorgekommen wäre, er auch zur Beobachtung der Wellen in der Luft und damit zum Nachweis der zeitlichen Ausbreitung der elektrischen Kraft gelangt wäre. Professor Fitzgerald in Dublin hatte sich seit mehreren Jahren bemüht, mit Hilfe der Theorie die Möglichkeit solcher Wellen vorauszusagen und die Bedingungen für die Erzeugung derselben aufzufinden. Auf meine eigenen Versuche waren die Arbeiten dieser Gelehrten freilich ohne Einfluß, da ich erst nachträglich Kenntnis von denselben erhielt[1])."

Und in dem berühmten Heidelberger Vortrage sagt er im Hinblick auf die Maxwellsche Theorie:

[1]) Gesammelte Werke II, 2—3, 1892.

„An dieser Stelle war ich so glücklich, an der Arbeit Anteil nehmen zu können. Diesem Umstande verdanke ich die Ehre, daß ich heute zu Ihnen reden darf; er wird mich also auch entschuldigen, wenn ich nunmehr Ihre Aufmerksamkeit ganz auf diesen einen Teil des Gebäudes hinzulenken versuche. Freilich zwingt mich alsdann die Kürze dieser

Schluß eines Briefes von Professor Heinrich Hertz vom 5. Dezember 1892.

Stunde, entgegen der Gerechtigkeit, die Arbeiten vieler Forscher kurzweg zu überspringen; ich kann Ihnen nicht zeigen, in wie mannigfaltiger Weise meine Versuche vorbereitet waren, wie nahe einzelne Forscher der Ausführung derselben bereits gekommen sind[1]).“

[1]) Gesammelte Werke I, 347, 1895.

Studiert man irgend eine der Hertzschen Arbeiten, gleichviel aus welcher Periode, so muß man staunen über den Reichtum der Gedanken, die sie enthält, und über die Klarheit der Darstellung, ebenso aber auch über die Selbstkritik des Autors. Unbekümmert um äußeren Erfolg ging er stets auf sein Ziel los, und es ist charakteristisch, daß, wie Max Planck betont[1]), gerade die Ergebnisse seiner ersten Arbeiten sich in eine negative Form kleiden lassen. Er war auch nie damit zufrieden, seine Behauptungen allgemein hinzustellen, sondern ließ sich stets die Feststellung ihrer Gültigkeitsgrenzen angelegen sein. Wie wenig ihn bei der Behandlung seiner Probleme mathematische Schwierigkeiten schreckten, haben wir bereits erwähnt. Führten ihn seine Versuche oder seine mathematischen Entwicklungen zu Folgerungen, die nicht im Einklang standen mit den Anschauungen, mit welchen er an die Arbeit herangetreten war, so trug er kein Bedenken, diese Anschauungen fallen zu lassen oder sie den logischen Folgerungen seiner Untersuchungen entsprechend umzuwandeln. Nichts bereitete ihm ärgere Pein, als die Ergebnisse mathematischer Deduktionen mit augenscheinlichen Tatsachen im Widerspruch zu finden; dann ruhte er nicht, bis er diesen Widerspruch gelöst hatte, denn es war seine feste Überzeugung, daß die Naturgesetze mit den Gesetzen der Logik nicht unvereinbar sein könnten.

Im Zusammenhange mit den soeben charakterisierten Eigenschaften dürfte es von Interesse sein, die drei Thesen mitzuteilen, welche er seiner Doktordissertation angefügt hat. Sie lauten:

„1. Ein Fehler von $^1/_{100}$ des wahren Wertes bildet die Grenze für die wünschenswerte Genauigkeit, ein Fehler von $^1/_{1000}$ des wahren Werthes die Grenze für die mögliche Genauigkeit in der Bestimmung einer physikalischen Konstanten; genauer als bis auf $^1/_{10000}$ ihres Wertes läßt sich kaum eine physikalische Konstante auch nur definiren.

2. Obgleich es verfehlt sein würde, im Verlaufe einer Untersuchung eine vorgefaßte Meinung beständig festzuhalten, so ist doch im Beginn der Untersuchung eine solche vorgefaßte Meinung nicht nur nicht schädlich, sondern sogar nothwendig.

3. Die untergeordnete Stellung, welche in dem Gymnasialunterricht die Studien mathematischen und naturwissenschaftlichen Inhalts gegenüber den humanistischen Studien einnehmen, ist gerechtfertigt."

Hertz war ein hervorragender Lehrer. Ein Vortragskünstler war er nicht, aber durch seine eigene Begeisterung für das Vorgetragene und durch die vollendete Klarheit, mit der er selbst schwierigere Gebiete darzustellen wußte, faszinierte er seine Zuhörer. Ich selbst habe seine

[1]) Max Planck, a. a. O.

Vorlesungen über Experimentalphysik an der Bonner Universität zwei Jahre nacheinander besucht, weil diese Vorlesungen für mich einen hohen Genuß bedeuteten. In den praktischen Übungen für Anfänger, welche er im Physikalischen Institut leitete, wußte er durch kurze und stets treffende Bemerkungen zu belehren; dabei war er, selbst gegen die schwächeren Schüler, immer voller Nachsicht und von stets gleicher herzgewinnender Liebenswürdigkeit, wie denn überhaupt die unvergleichliche Liebenswürdigkeit und Bescheidenheit einen hervorstechenden Grundzug seines Charakters bildeten. Nach Ruhm und Ehre hat er nie gestrebt, und stets war er ängstlich bemüht, daß er ja nicht durch Hervortretenlassen seiner eigenen Persönlichkeit andere in den Schatten stellte. Oliver Lodge schreibt in diesem Sinne über Hertz und seinen Weltruhm[1]):

„It is not always, that public notice is so well justified. The popular instinct is generous and trustful, and it is apt to be misled. The scientific eminence accorded to a few energetic persons by popular estimate is more or less amusing to those working on the same line. In the case of Hertz, no such mistake has been made. His name is not over well-known, and his work is immensely greater in every way than that of several who have made more noise."

Und weiter:

„I should like to say that the enthusiastic admiration for Hertz's spirit and character, felt and expressed by students and works who came into contact with him, is not easily to be exaggerated. Never was a man more painfully anxious to avoid wounding the susceptibilities of others; and he was accustomed to deprecate the prominence given to him by speakers and writers in this country, lest it might seem to exhalt him unduly above other and older workers among his own sensitive countrymen."

Jeder, dem es jemals vergönnt gewesen ist, mit Heinrich Hertz in persönliche Berührung zu kommen, war von dieser liebenswürdigen Persönlichkeit, von diesem herrlichen Charakter entzückt.

Mit geradezu rührender Liebe und Verehrung hing Hertz bis an sein Ende an seinen Lehrern, besonders an Hermann von Helmholtz. Den Gefühlen für diesen seinen Meister hat er auch beredten Ausdruck verliehen in dem Festgruß, den er ihm zum 70jährigen Geburtstag, „Zum 31. August 1891," in der Beilage zur Münchener Allgemeinen Zeitung dargebracht hat[2]).

---

[1]) Oliver Lodge, The Work of Hertz and some of his successors. Lecture, delivered at the Royal Institution, June 1, 1894. London „The Electrician" 1894.

[2]) Abgedruckt: Gesammelte Werke I, 360—368, 1895.

Auf eine Huldigung für Helmholtz bezieht sich auch der von uns teilweise faksimilierte Brief, in dem er sein Bedauern darüber kundgibt, daß er seiner Krankheit wegen verhindert gewesen sei, an dieser Huldigung persönlich teilzunehmen.

Betrachten wir die Werke von Hertz, so müssen wir staunen über die Vielseitigkeit der behandelten Stoffe und über die Klarheit, mit der jeder einzelne Gegenstand behandelt wird. Noch größer wird unser Staunen, wenn wir auch seinen ausgedehnten wissenschaftlichen Briefwechsel mit Fachgenossen mit berücksichtigen. Auch hier sehen wir die verschiedensten Stoffe aus allen nur erdenklichen Gebieten der Physik mit einer Klarheit behandelt, daß uns heute zuweilen das von Hertz über diese oder jene Frage gefällte Urteil wie eine Prophezeiung erst nach seinem Tode von der Forschung gefundener Lösungen anmutet. Es wäre sicherlich ein für die physikalische Wissenschaft förderliches Beginnen, diesen fachwissenschaftlichen Briefwechsel zu sammeln und zu veröffentlichen.

Charakteristisch für Hertz ist, daß er bis zu seinem Ende seine Eltern, besonders den Vater, an der Entwickelung seiner Arbeiten Anteil nehmen ließ. In oft sehr umfangreichen Briefen, von denen manche auszugsweise von Lenard mitgeteilt worden sind[1]), gibt er den Eltern Kunde von dem jeweiligen Stand und den Aussichten seiner Untersuchungen und von seinen weiteren Arbeitsplänen. Durch das liebenswürdige Entgegenkommen der Angehörigen bin ich in der glücklichen Lage, den an genannter Stelle veröffentlichten Briefauszügen einige Stellen aus zwei bisher noch unzugänglich gewesenen Schreiben an die Eltern hinzuzufügen.

Am 13. November 1887 schreibt Hertz aus Karlsruhe an seine Eltern: „. . . . Freuden wurden mir in dieser Zeit auch hauptsächlich durch die Post zuteil, durch Zusendungen, die ich von sehr verschiedenen Orten der Erde erhielt und die immerhin Aufmerksamkeiten darstellen, durch die Karte von Helmholtz und Abhandlungen, die er folgen ließ. Fast täglich kam in dieser Zeit etwas an. Auch fragte mich neulich ein Kollege: Wissen Sie, daß in der Kölnischen Zeitung eine populäre Darstellung Ihrer letzten Versuche ist? und brachte sie mir dann. Es ist in der No. (Beilage) vom 6. Nov., gerade nur eine Beschreibung der Erscheinungen, aber zeigt doch, daß sie auch das allgemeinere Publikum interessieren kann. Auch in meinen eigenen Versuchen bin ich diese Woche wieder glücklich gewesen, und wenn auch einiges mißglückt ist, auf dessen Gelingen ich fast sicher rechnete, so muß ich doch gestehen,

[1]) Gesammelte Werke I, S. IX—XXIX, 1895.

daß ich fast frech in meinen Wünschen war, und daß ich schon sehr verwöhnt bin, wenn ich mich nicht mit dem wirklich Erzielten recht herzlich freue. Ich war aber noch nie auf einem so glücklichen Boden; es eröffnen sich eigentlich nach rechts und links die Aussichten auf neue interessante Versuche, aus denen ich gerade nur einzelne aus dem Vollen herausgreife. Gerade was ich jetzt wieder gemacht habe, hat mir seit Jahren vorgeschwebt, ohne daß ich an die mögliche Verwirklichung geglaubt hätte. Die unerwartete Erfüllung solcher Wünsche gibt dann den Anforderungen auch einen ganz anderen Maßstab, man probiert manches, was man gar nicht probieren würde, wenn man nicht schon einmal seine Erwartungen übertroffen gesehen hätte. . . . .“

Der zweite dieser Briefe ist am 17. März 1888 in Karlsruhe geschrieben und spiegelt den Eindruck der tags zuvor abgehaltenen Feier anläßlich der Beisetzung Kaiser Wilhelms I. wieder. Der Brief lautet: „Liebe Eltern! — Vielen Dank für Papas lieben Brief, der gestern ankam! Es freut uns zu hören, daß es Euch gut geht, auch uns geht es gut! Wenn ich mich freilich besinne, was ich Euch erzählen soll, so fällt mir kaum etwas ein. Die Begräbnisfeier am Freitag wurde auch hier sehr streng gefeiert, natürlich bestand das Erhebende nicht an dem einen Ort, sondern in dem Gefühl, daß fast die ganze zivilisierte Erde in den gleichen Stunden den gleichen Gedanken hatte. Sonst ist freilich nichts vorgefallen.

„Ich genieße meine Ferien recht sehr. Auch habe ich sie gut begonnen, indem ich im Hörsaal die großen Kronleuchter herunternehmen ließ, um einen möglichst großen freien Luftraum zu haben, und indem ich in dem so erhaltenen Raum gestern neue Versuche angestellt habe, die mir, wenn ich mich nicht getäuscht habe (ich habe sie nämlich bisher nur einmal gemacht), glänzend geglückt sind. Sie geben zwar nur dasselbe, was meine letzten Versuche gaben, aber viel direkter, deutlicher, und scheinen eine schöne Bestätigung zu bilden. Ich habe jetzt Stoff für viele Arbeiten, die alle der Mühe wert sind, und zwischen denen ich nur die Qual der Wahl habe. Kann ich genügende derselben ausführen, so glaube ich die Mittel zu haben, um große Gebiete, die bisher ohne Abschluß waren, zur Vollendung zu bringen. Auch würdet Ihr die Wichtigkeit der Versuche wohl einsehen können, wenn ich mich bemühte, sie Euch auseinanderzusetzen. In wissenschaftlichen Arbeiten ist dazu ja kein Grund vorhanden, da vom Leser vorausgesetzt werden darf, daß er die Folgerungen, die auf der Hand liegen, selber zieht. Ich habe jetzt die Annehmlichkeit bei der Arbeit, mich sozusagen auf eigenem Grund und Boden zu fühlen und fast sicher zu sein, daß es sich nicht um einen ängstlichen Wettlauf handelt und daß ich auch

nicht auf einmal in der Literatur finde, ein anderer habe das längst gemacht. Hier fängt eigentlich erst das Vergnügen des Forschens an, wo man mit der Natur sozusagen allein ist und nicht mehr über menschliche Meinungen, Ansichten oder Ansprüche disputiert. Das philologische Moment fällt fort und das philosophische bleibt allein übrig, um mich mehr gelehrt als klar auszudrücken.

„Ein Gelehrter redet von seiner Arbeit, das muß ihm verziehen werden wenigstens am Tage, nachdem er einen Schritt vorwärts gemacht hat. Auch weiß ich, daß Euch in Ermangelung anderen Stoffs auch dieser Stoff recht ist. . . . .“ — —

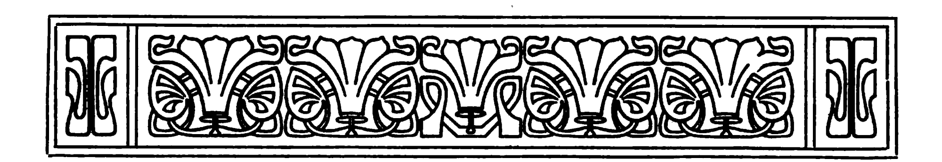
Die Schilderung, welche ich hier von Heinrich Rudolf Hertz zu geben versucht habe, ist, ich weiß es wohl, lückenhaft. Aber „was kann man von anderen mitteilen, als so und so viele Eigenschaften? Das eigentliche Wesen ist unbeschreiblich!“ Vielleicht geben diese Zeilen einem Berufeneren den Anlaß zu einer ausführlichen und erschöpfenderen Biographie unseres großen Physikers! —

„Als Deutsche freuen wir uns und sind stolz darauf, daß wir seinen Namen besitzen, den wir wagen dürfen den gewähltesten Namen aller Zeiten und Völker an die Seite zu stellen, in der zuversichtlichen Hoffnung, daß uns auch die Jahrhunderte nicht Lügen strafen werden. Als Menschen überhaupt hegen wir das gleiche Gefühl der Bewunderung, aber auch das gleiche Gefühl des Dankes[1].“

Wir haben alle segenreich erfahren,
Die Welt verdank' ihm, was er sie gelehrt;
Schon längst verbreitet sich's in ganze Scharen,
Das Eigenste, was ihm allein gehört.
Er glänzt uns vor, wie ein Komet entschwindend,
Unendlich Licht mit seinem Licht verbindend.

[1]) Heinrich Hertz, Zum 31. August 1891. Gesammelte Werke I, 361, 1895.





Die Funkspruchstation in Nauen.

Von Ingenieur **R. Hoffmann** in Berlin.

Die Funkentelegraphie ist ein Geschenk des Heinrich Hertz'schen Genius. Ohne die grundlegenden, im vorangehenden Aufsatze dieses Heftes geschilderten Versuche unseres großen Landsmannes, deren Fortführung und Ausgestaltung in praktischer Richtung Marconi, Braun, Slaby, Arco u. a. übernahmen, wären der Bestand und die gewaltigen Erfolge unserer heutigen drahtlosen Telegraphie undenkbar. Gerade zur rechten Zeit ist in Nauen die riesenhafte Funkspruchstation fertig geworden, um zur Wiederkehr des fünfzigsten Geburtstages von Heinrich Hertz den Ruhm des großen Gelehrten in alle Lande zu rufen.

Welch ein Wandel in kaum mehr als 15 Jahren! Damals konnte Hertz seine allerdings nur zu wissenschaftlichen Zwecken unternommenen Versuche etwa auf 12 m Reichweite ausdehnen, heute überfluten die elektrischen Wellen der Riesenstation in Nauen ganz Europa und einen großen Teil des Atlantischen Ozeans.

Es lohnt sich schon, auch für den Laien, einmal dieser Station einen Besuch abzustatten; doch sei vorher eine kurze Belehrung über die Erzeugung und das besondere Verhalten elektrischer Wellen gestattet.

Wie andere elektrische Phänomene durch mechanische Analogien erläutert werden, so kann man sich auch elektrische Wellen und elektromagnetische Schwingungen namentlich durch akustische Analogien am besten klarlegen.

Das am häufigsten angewandte und beste Analogon für Sender und Empfänger elektrischer Wellen sind zwei abgestimmte Stimmgabeln. Schlägt man die eine an, so erzeugt sie Schallwellen, welche die zweite Stimmgabel treffen und diese durch die mitgeführten Druckänderungen in Schwingungen versetzen, vorausgesetzt, daß sie auf dieselbe Schwingungszahl, also denselben Ton abgestimmt ist.

Die Schwingungszahl und damit die Tonhöhe einer Stimmgabel ist von zwei Größen, nämlich ihrer Masse und ihrer Elastizität abhängig.



Je größer beides wird, desto langsamer schwingt die Gabel und desto tiefer wird der Ton.

Die angeschlagene „erregte“ Stimmgabel ist mit einem „Sender“,

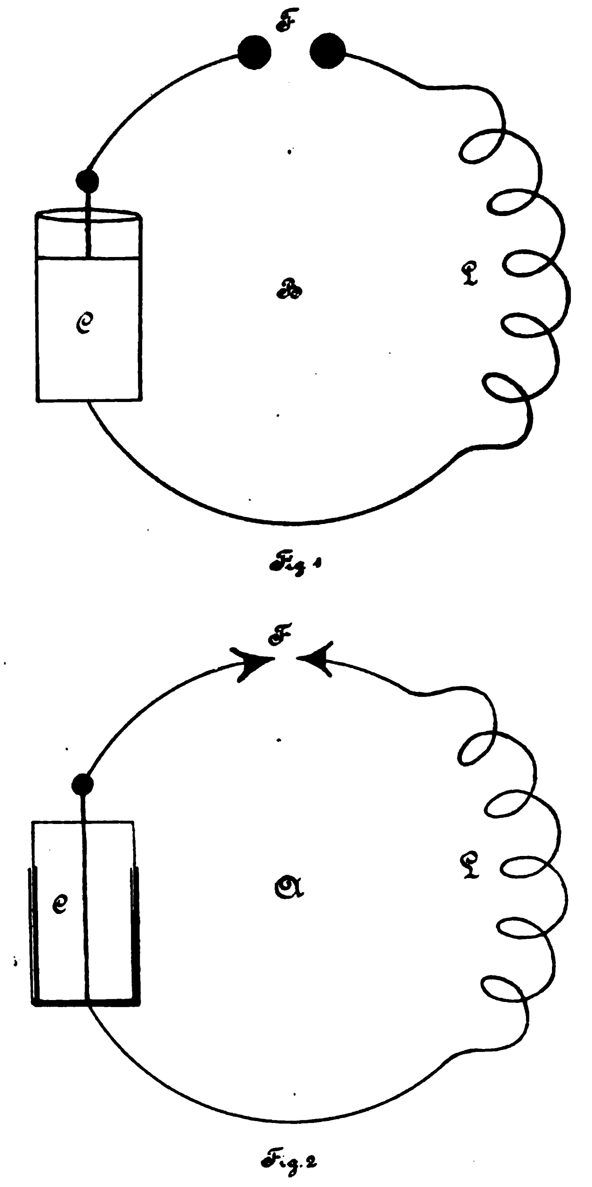


Fig. 1

Fig. 2

die in Resonanz befindliche und mitschwingende mit einem „Empfänger“ der Funkenstation vergleichbar, nur daß es sich dabei nicht um akustische Schwingungen, sondern um „elektrische Schwingungen“ (d. h.

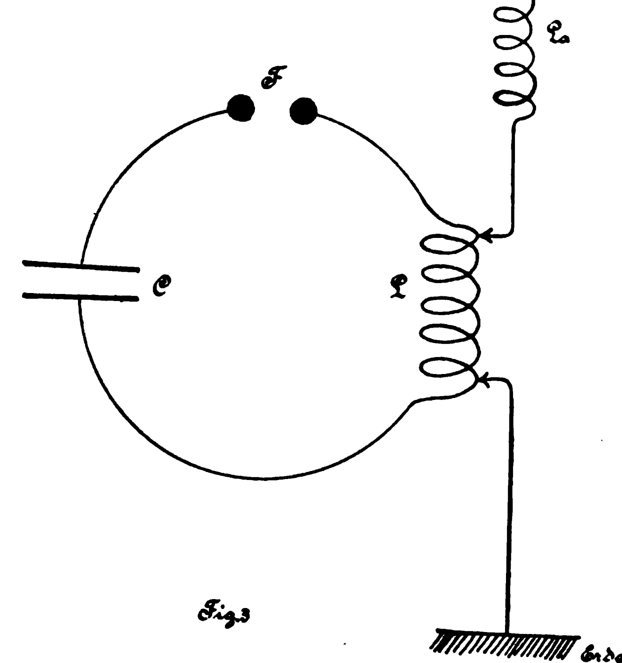
um die in den Drähten des Senders hin- und herpendelnden Elektrizitätsteilchen), und auch nicht um Luftwellen, sondern um Ätherwellen handelt, die, von dem Sender erzeugt, mit Lichtgeschwindigkeit in den Raum eilen und die Rolle des Übertragers spielen.

Der Wellensender A wie Empfänger B (Fig. 1 und 2) bestehen aus einem Drahtkreise, in dem eine Funkenstrecke F, eine Leydener Flasche C (ihres elektrischen Fassungsvermögens wegen kurz „Kapazität" genannt) und eine in ihrer Windungszahl variable Drahtspule L, die sogenannte „Selbstinduktion", liegen.

Wird im Sender A die Leydener Flasche C bis zur Entladung über F aufgeladen, so erzeugt sie infolge der schwingenden Form der Entladung elektrische Wellen im Äther.

Diese treffen den Empfänger B und versetzen die Elektrizitätsteilchen in ihm in Schwingungen, vorausgesetzt, daß A und B die gleiche Schwingungszahl und somit dieselbe Wellenlänge haben, d. h. sich in Resonanz befinden. Die im Kreise B entstehenden Schwingungen machen sich durch den Übergang kleiner Funken bei F bemerkbar.

Wie bei der akustischen Stimmgabel die Schwingungszahl von Masse und Elastizität, so ist diejenige des elektrischen Schwingungskreises von Selbstinduktion L und Kapazität C abhängig. Je größer L und C ist, desto langsamer werden die Schwingungen und desto länger die von ihnen im Äther erzeugten Wellen. Schwingungszahl und Wellenlänge sind also durch Variation der beiden Größen beliebig variabel.



Setzt man eine Stimmgabel auf einen Resonanzkasten, so wird der durch die Stimmgabel erzeugte Ton durch Mitschwingen der Luftsäule im Resonanzkasten lauter.

Hängt man an einen Schwingungskreis einen mit diesem in Resonanz befindlichen Draht A und erdet ihn (Fig. 3), so erzielt man denselben

Effekt in elektrischer Beziehung. Der geerdete Draht A, Antenne genannt (vom Fühlhorn der Insekten), ist nichts weiter als ein in seiner Form veränderter Schwingungskreis.

Klappt man die beiden Beläge der Leydener Flasche ganz auseinander und ersetzt sie einmal durch elektrisch leitende Erde, das andere Mal durch die Antenne selbst, so erhält man die Form unseres elektrischen Resonanzkastens in Fig. 4. Legen wir (Fig. 5) nun noch in die Antenne einen variablen Kondensator Cv und lassen La auch eine variable Größe sein, so können wir die Antenne ebenfalls auf beliebige Wellenlängen abstimmen. Die Antenne des Senders kann durch La

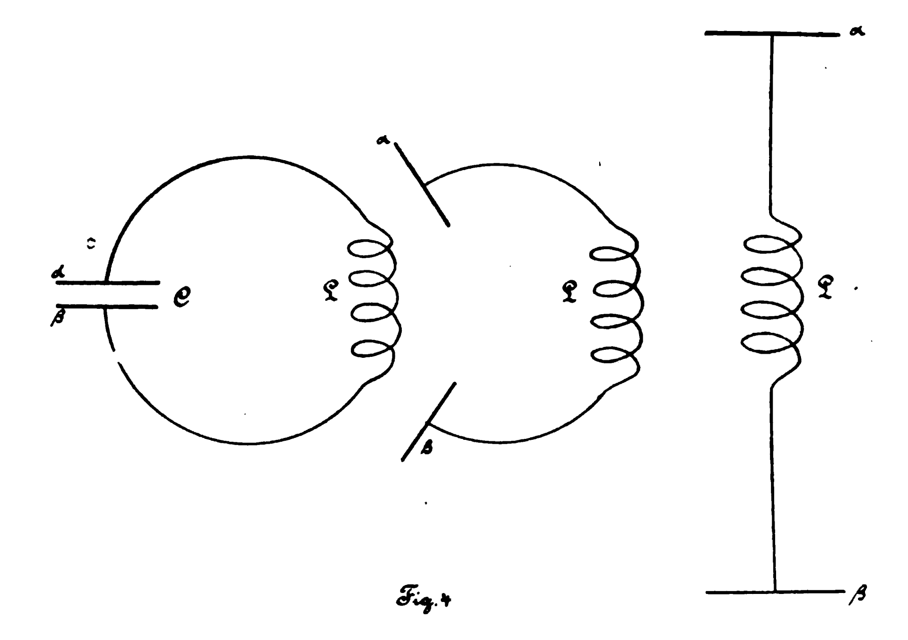


Fig. 4

auf verschiedene Wellenlängen gebracht werden. L im Erregerkreis ist zum selben Zweck variabel gemacht worden (linke Seite der Figur).

Ersetzen wir im Resonanzkreis R des Empfängers die Funkenstrecke durch einen empfindlicheren Wellenindikator, den Fritter, und koppeln diesen Kreis rein induktiv mit der Antenne, so kommen wir den modernen Anordnungen der Telefunkenstationen immer näher.

Die Leydener Flaschen des Erregerkreises müssen aufgeladen werden. Dies geschieht durch Wechselstrominduktoren. Aus Fig. 6 ist das Schema ersichtlich. W sei die Wechselstrommaschine, S der Hauptausschalter, I der Induktor, T das Taster-Relais mit der Taste, Dr, Dr, zwei prim. Drosselspulen.

Die Wechselstrommaschine ist während der Telegraphierperiode über die Drosseln durch das Taster-Relais kurzgeschlossen. Drückt man auf die Taste, so öffnet das Relais die Kurzschlußleitung. Der Strom fließt nun durch die Primärspulen der Induktoren I. Die in der Sekundär-Wicklung entstehenden hochgespannten Ströme laden die Leydener Flaschen auf, und diese entladen sich in einer Reihe von Funken über die Funkenstrecke F. Drückt man lange und kurze Zeit die Taste

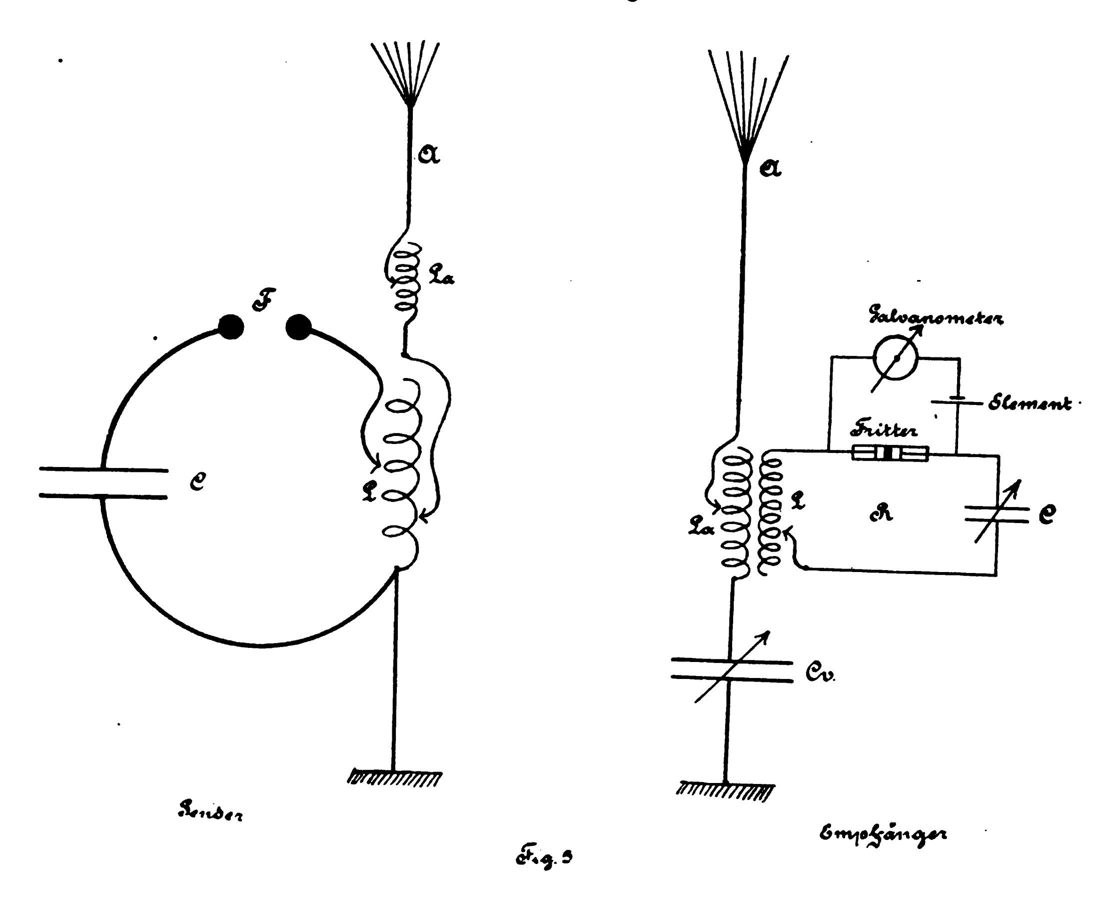


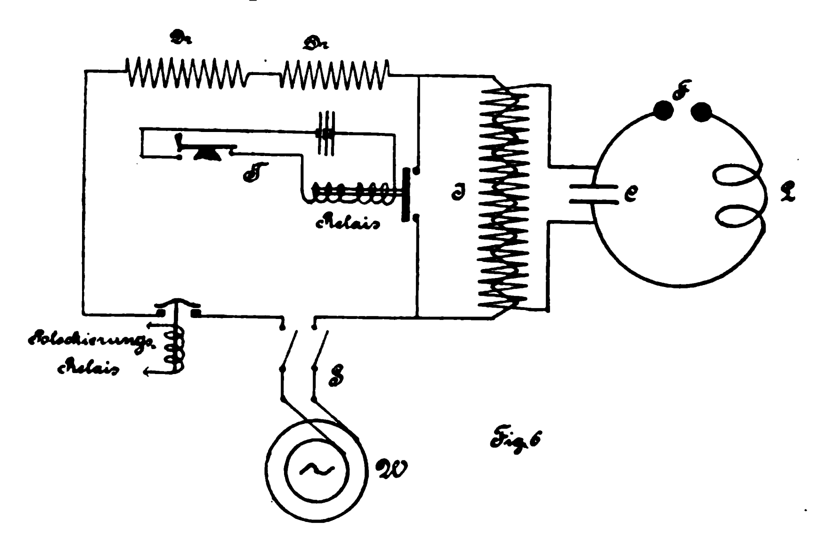
Fig. 5

nieder, so sendet die Antenne lange und kurze Zeitwellen aus (nicht lange und kurze Wellen), die von den Empfangsapparaten der Gegenstation als Punkte und Striche registriert werden; aus Punkten und Strichen ist das Morsealphabet zusammengesetzt.

Die „Groß-Station Nauen" ist durch das bis jetzt Gesagte im Prinzip erklärt. Vergleichen wir nun die Schemata mit den Einrichtungen der Station selbst.

Die Apparate und Maschinen sind in einem einfachen einstöckigen

Backsteinbau untergebracht, an der Seite ist ein Schuppen angebaut, in dem sich die Kraftquelle, eine 35 P. S.-Lokomobile befindet. Diese



treibt durch Riemenübertragung einen Einphasen-Wechselstromgenerator (Fig.7). Die Maschine liefert bei 750 Touren (50 Perioden) 25 Kilowatt.



Fig. 7.

Von dem Generator führen, in Leitungskanälen verlegt, 6 Leitungen zur Schalttafel, die im Empfangsraum (Parterre) aufgestellt ist. Auf

derselben befinden sich: unten der Magnet- und der Feld-Regulator des Generators, in der Mitte der Hauptausschalter, an der rechten Seite das Taster-Relais mit der Taste, darüber das Blockierungs-Relais. Am Kopf der Tafel sind die Wechselstrommeßinstrumente angebracht: von links nach rechts: der Frequenzmesser (ein magnetischer Tourenzähler



Fig. 8.

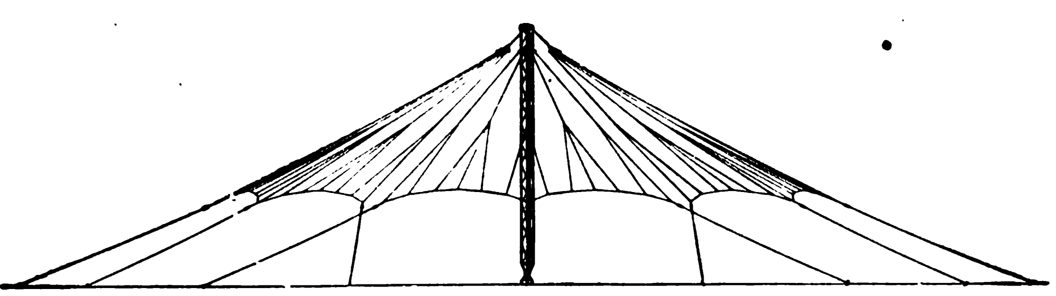


Fig. 9.

für die Wechselstrommaschine), das Ampèremeter, und das Voltmeter.

Von dem Hauptausschalter führen zwei Leitungen in den im oberen Stockwerk gelegenen Hochspannungsraum (Fig. 8).

In der Abbildung sehen wir im Vordergrund zwei prim. Drosseln (vgl. Fig. 6), hinter diesen rechts vier prim. in Reihe sek. parallel geschaltete Induktoren, die durch das Taster-Relais kurz geschlossen sind und

durch Öffnen desselben in Funktion gebracht werden können. In derselben Reihe links stehen zwei sek. Drosseln und hinter ihnen der große Erregerkreis. Die kolossale Batterie von 360 Leydener Flaschen, in drei Gruppen hintereinandergeschaltet, mit einer außerordentlich großen Kapazität ist die in Fig. 5 mit C bezeichnete Leydener Flasche von; den

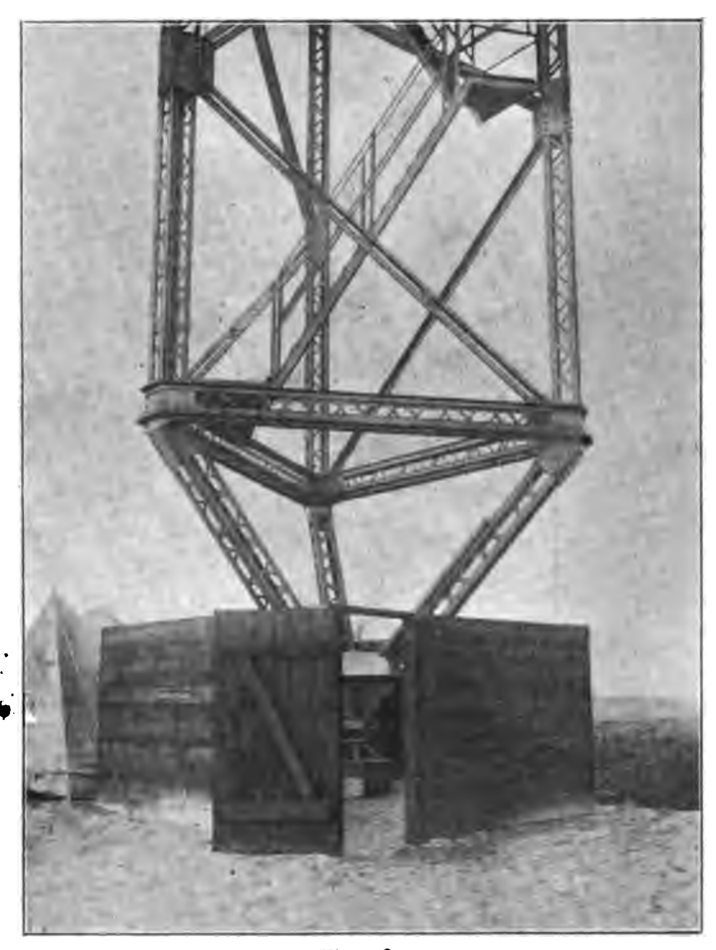


Fig. 10.

zwei mächtigen massiven Ringen aus Zink in der Mitte der Flaschen ist F die Funkenstrecke, und von zwei aus je drei versilberten Kupferröhren zusammengesetzten Windungen ist L die variable Selbstinduktion. In der Mitte der Abbildung führt von der Selbstinduktion aus der Luftdraht (Antennenzuleitung) zur Decke, ist dort auf großen Isolatoren bis zu einer Kupferrohrspule (vgl. La, Fig. 5) der Luftdrahtver-

längerungsspule weitergeleitet und endigt schließlich in einem Schalter, dem Sende- und Empfangsschalter. In diesen mündet der große elektrische „Resonanzkasten", das wunderbare Schirmnetz der Station, das abwechselnd auf die Empfangsapparate und den Sender geschaltet werden kann.

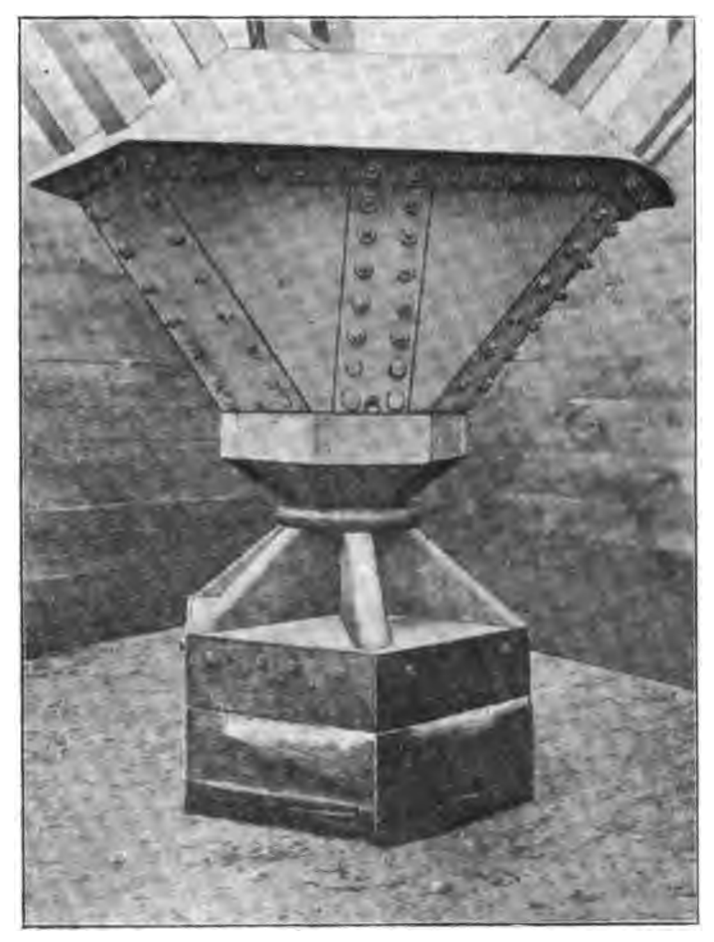


Fig. 11.

Das Netz (Fig. 9) besteht aus sechs symmetrisch angeordneten Segmenten, die insgesamt eine Fläche von 60000 qm überdecken. Jedes Segment ist aus neun, etwa 150 m langen Bronzelitzen gebildet, welche sich in $^1/_4$ ihrer Länge in zwei weitere Litzen so verzweigen, daß die Antenne im ganzen aus 162 Drähten besteht. Das Schirmnetz wird an 18 Punkten durch Hanfseile, die durch Porzellanisolatoren vom Netz

isoliert sind, derartig ausgespannt, daß der Schirm 20 m über dem Erdboden endigt.

Zur Errichtung einer derartigen Antenne wurde der Bau des imposanten 100 m-Turmes notwendig. Eine besondere Bedingung war aber noch zu erfüllen. Der Turm mußte von „Erde“ isoliert sein. Diese schwierige Aufgabe löste die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie in folgender Weise:

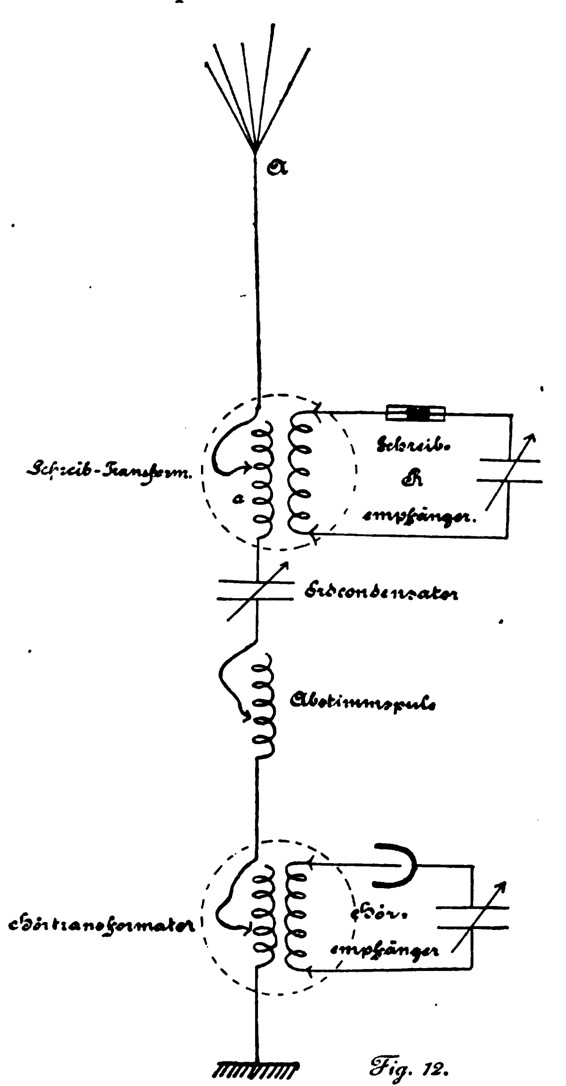


Fig. 12.

Sie benutzt als Isolator einen auf starkem Fundament ruhenden Marmorblock. Dieser trägt eine Grundplatte, auf die eine Halbkugel in Form eines schweren Gußstückes aufgesetzt ist. Über die Kugel ist eine Lagerschale geschoben, auf welcher der ganze Turm mit seinem Gewicht von 76000 kg ruht (vgl. die Fig. 10 u. 11).

Die Basis des Turmes ist ein Dreieck von je 4 m Seitenlänge. Die Seitenstreben, von 8 zu 8 m verschraubt und durch Diagonalverbände versteift, laufen bis zur Spitze des Turmes parallel.

Da der gewaltige Eisenturm eigentlich nur auf einem Punkt steht, so würde er umfallen, wenn er nicht durch drei mächtige Stangen, die aus schweren, durch Gelenke verbundenen Rundeisen zusammengefügt sind, gehalten würde. Dieselben sind in drei Backsteinbauten verankert, und zwar derart, daß sie einen Durchhang von zirka 4 m aufweisen. Die Haltestangen sind vom Turm sowohl wie von den Verankerungsblöcken gut isoliert. Dies ist der auftretenden enormen elektrischen Spannungen wegen notwendig. Die Spannungen entsprechen, in Funkenlänge gemessen, einem Funkenübergang von zirka 1 m.

Das Schirmnetz ruht auf drei Rollenpaaren, die auf der Spitze des Turmes angebracht sind. Je zwei Segmente des Netzes balanzieren sich

über einem solchen Rollenpaar aus. Auf diese Weise wird der Turm nur [auf Druck beansprucht, was durch seine eigenartige Konstruktion Bedingung wurde.

An den Seiten des Turmes führen 54 Drähte vom Netz herunter und werden 6 m über dem Erdboden in das Stationshaus zu dem Sende- und Empfangsschalter geleitet. Diese Drähte sind vom Turm nicht isoliert; der Turm ist somit auch ein Teil des schwingenden Antennensystems.

Vom Erregerkreis führen 108 Drähte in die Erde und sind hier etwa 25 cm tief strahlenförmig gemäß der Projektion des Luftnetzes eingegraben. Im Umkreis von 100 m verdreifachen sich die Drähte analog den Verzweigungen der Antenne. Auf diese Weise ist eine Fläche von 126000 qm von Eisendrähten durchzogen. Die Drähte liegen in Sumpfboden, der, seiner hohen elektrischen Leitfähigkeit wegen, für die drahtlose Telegraphie am günstigsten ist.

Von dem oben erwähnten Empfangs- und Sende-Schalter führt ein Draht in den Empfangsraum zu dem „Empfangstisch".

Vergleichen wir die Apparatur dieses Tisches mit nebenstehendem Schema (Fig. 12): Der vom Netz kommende Draht führt zunächst in eine Spule a des Schreibtransformators. Vor dem Schreibtransformator befindet sich der Schreibempfänger mit dem Morseschreiber. Von dem Schreibtransformator gelangt der Antennendraht in den Erdkondensator, welcher zur feinen Abstimmung des Luftnetzes dient. Von hier aus könnte der Draht wie in Fig. 5 zur Erde gehen. In Nauen ist aber außer dem Schreibempfänger noch ein Telephonempfänger eingebaut, der eine kleine Vergrößerung des Apparates zur Folge hat. So führt der Luftdraht vom Erdkondensator in eine Abstimmspule, deren [Wirkungsweise aus der Skizze zu ersehen ist, und von dort in den Hörtransformator und zur Erde.

Im Hörempfänger werden die empfangenen Wellen durch einen Detektor (oder Schloemilch-Zelle, so genannt nach dem Erfinder) geleitet, welcher in Verbindung mit einer Batterie in einem in den Apparat eingeschalteten Telephon ein Knacken erzeugt im Rhythmus der Morsezeichen, ähnlich den Klopferempfängern der Drahttelegraphie.

Der Kondensator rechts neben dem Hörtransformator gehört zum Hörempfangsapparat selbst.

Sendet eine Station, in deren Bereich die Groß-Station Nauen liegt, mit einer unbekannten Welle, so variiert man zunächst den Erdkondensator und die Abstimmspule, bis ein Ton, das Knacken im Telephon, zu hören ist. Durch feinere Variation dieser beiden Apparate erlangt man schließlich ein Maximum des Tones. Nun ist das Netz auf den

selben Ton, dieselbe Wellenlänge der sendenden Station abgestimmt. Der Resonanzkreis R des Schreibempfängers wird nun ebenfalls auf diese Wellenlänge gebracht und der Morseschreiber gibt dann deutlich in Strichen und Punkten die Zeichen wieder.

Durch einen Handgriff kann nach Schluß des Telegramms der Sender bereitgehalten werden. Der oberhalb des Empfangstisches (Fig. 13) angebrachte Empfangs- und Sendeschalter schaltet zu gleicher Zeit das



Fig. 13.

Netz von den Empfangsapparaten ab und auf den Sender. Er blockiert aber außerdem das oben erwähnte Blockierungs-Relais und läßt dieses erst dann den Wechselstromkreis schließen, wenn der Schalter auf „Senden“ steht. Diese automatische Sicherung wurde notwendig, um zu verhindern, daß die starke Senderenergie die empfindlichen Empfangsapparate zerstört.

Die Station Nauen beherrscht die Welt im Umkreise von 2500 km;

sie schließt in ihren Bereich ganz Europa, Island und einen Teil von Afrika. In Petersburg, auf dem Rigi, in der Schweiz, in Paris, auf den Schiffen, die auf dem Ocean fahren, und auf allen in diesem Kreise liegenden Stationen werden die Telegramme von Nauen empfangen. Morgens und abends werden in Nauen die neuesten Zeitungstelegramme in die Welt gesandt, um auf den Schiffen als Zeitungen herausgegeben zu werden. Die drahtlose Telegraphie kann die Drahttelegraphie in vielen Beziehungen nicht gänzlich ersetzen, aber sie weist vor dieser auch große Vorteile auf. Auf Schiffen, Eisenbahnen und Expeditionen ist Drahttelegraphie unmöglich, eine Funkspruchstation kann mitgeführt werden.

Auf entlegenen Plätzen können Stationen schnell erbaut und später wieder verpflanzt werden.

Für Handel und Schiffahrt sowie für Heer und Marine ist die drahtlose Telegraphie eine unentbehrliche Einrichtung geworden.

In kurzer Zeit hat die drahtlose Telegraphie außerordentlich große Erfolge erzielt, was wird uns die Zukunft noch Großes bringen?



meergebiet. Dadurch erklärt sich nun auch die merkwürdige Tatsache, daß ein großer schwarzer, fast schwanzloser Affe der Insel Celebes, Cynopithecus nigrescens, nächstverwandt den afrikanischen Formen ist. Eine ähnliche Beziehung zu Afrika zeigt noch ein zweites Säugetier dieser durch ihre Tierwelt bemerkenswerten Insel Celebes, nämlich der Hirscheber (Porcus babirusa, Babirusa alfurus), auffällig durch die außerordentlich großen und zu einem Halbkreise gebogenen Hauer des Oberkiefers, die nach oben wachsend mit der Spitze den Kopf fast berühren und dem Tiere nicht mehr als Angriffs- sondern nur als Schutzwaffe dienen können. Dieses Schwein steht am nächsten dem afrikanischen Warzenschwein (Phacochoerus) und dem ebenfalls in Afrika lebenden, erst vor kurzem entdeckten Elguia (Hylochoerus Meinertzhageni). Verwandte dieser Tiere haben nun früher zweifellos in Algerien und jedenfalls auch in Indien gelebt. In ähnlicher Weise dürften sich auch die Ähnlichkeiten der Schleichkatzen Westafrikas und der ostindischen Inseln erklären. Den indischen Linsangs (Linsanga) entspricht auf Fernando Po die Gattung Poiana, den indischen Palmrollern die afrikanische Gattung Nandinia, und gleiche Beziehungen zeigen auch die Halbaffen aus der Unterfamilie der Nachtmakis oder Loris, doch fehlen uns in allen diesen Fällen geeignete fossile Reste, ebenso wie bei den Vögeln von ähnlicher Verbreitung. Dagegen haben solche die Zwergmoschustiere (Tragulidae) hinterlassen. Von diesen lebt jetzt die Hauptgattung in der ganzen indischen Region, eine zweite in den nördlichen Distrikten von Niederguinea. Von dieser afrikanischen Gattung kennen wir aber auch ausgestorbene Arten aus Indien und noch ältere aus Europa. Die jetzige Verbreitung erklärt sich also auch bei diesen Tieren daraus, daß sie in ihre gegenwärtig getrennten Wohngebiete aus einem dritten zentralgelegenen eingewandert sind.

Merkwürdig sind weiter die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen Ostasien und den Vereinigten Staaten von Nordamerika, die allerdings in der Flora mehr hervortreten als in der Fauna. Doch fehlt es auch in der letzteren nicht an Beispielen. So findet sich von den sonst ausschließlich amerikanischen Alligatoren eine Art auch im Jangtsekiang. Am auffälligsten ist aber die Verbreitung der Molche. Die Fischmolche (Amphiumidae) finden sich teils in den Gewässern, die dem mexikanischen Golfe zufließen, nämlich der Aalmolch (Amphiuma) und der Schlammteufel (Menopoma) teils in Japan, Korea und den Nachbargebieten, wo sie der Riesensalamander (Cryptobranchus) vertritt. Diese Familie war früher weiter über die Erde verbreitet, wenn sie auch nicht viel Reste hinterlassen hat. Zu

ihr gehört der berühmte Andrias Scheuchzeri, den der verdienstvolle Forscher Scheuchzer, der nur im Sinne seiner Zeit zu sehr von der Richtigkeit aller Berichte des alten Testamentes überzeugt war, für die Gebeine eines in der Sintflut ertrunkenen Menschen hielt und sogar einer poetischen Widmung würdigte. Wir haben es hier jedenfalls mit einer sehr alten Lurchform zu tun, die einst auf der Erde weit verbreitet, jetzt auf die beiden kleinen Wohngebiete beschränkt ist, die wir oben angaben. Weiter verbreitet sind die Querzahnmolche (Amblystomidae), die eine jüngere Entwicklungsstufe der Molche repräsentieren. Ihr bekanntester Vertreter ist der Axolotl (Amblystoma tigrinum), der mit 21 verwandten Arten über Nordamerika von der Hudsonbai bis Mexiko sich ausbreitet, während wenige andere Formen über Kamtschatka, das Amurgebiet, Japan, Korea und Nordchina sich angesiedelt haben und sich eine isolierte Gattung in ganz beschränktem Gebiete am mittleren Mekhong vorfindet. Eine ähnlich zerstreute Verbreitung zeigt auch der Wassermolch (Triton), der aber außer in Amerika und Ostasien auch in Europa und Algerien auftritt. Leider fehlen bei diesem wie bei den Querzahnmolchen fossile Reste aus Ländern, wo sie jetzt nicht heimisch sind, so daß wir nur Vermutungen über ihre frühere Verbreitung haben können. Unter den Fischen sind wegen ähnlicher Verbreitung die Löffelstöre (Polyodontidae) zu erwähnen, von denen der Löffelstör (Spatularia) im Mississippi sich findet, während eine zweite Gattung (Psephurus) im Jangtsekiang und Hoangho lebt. Früher waren diese Fische sicher weiter verbreitet; kennen wir doch alte Reste, die bis ins Devon hinunterreichen, auch aus Europa, doch sind sie ziemlich lückenhaft. Von niederen Tieren erwähnen wir nur den Schwarzkäfer Emmenastus, der auf Kamtschatka, den Aleuten und in der westlichen Union heimisch ist, und zwei für den Baikalsee charakteristische Brackwasserschnecken, Hydrobia Martensiana und H. maxima, die der kalifornischen Gattung Fluminicola sehr nahe stehen.

Bei den meisten bisher erwähnten Tieren erklärte sich ihre jetzige Verbreitung durch fossile Reste, die mit ihnen verwandt sind oder zu Gruppen gehören, die eine gleiche Verbreitung zeigen. Dies ist auch bei der schon erwähnten Ähnlichkeit der ostasiatischen und westamerikanischen Flora teilweise der Fall, in der Hauptsache ist diese Übereinstimmung aber durch klimatische Verschiebungen bedingt. Im Tertiär herrschte eine wärmere Temperatur, infolgedessen konnte über die Beringstraße, an deren Stelle wahrscheinlich noch dazu Land lag, ein Austausch der Pflanzen eintreten. Mit der fortschreitenden Abkühlung, die die Eiszeit herbeiführte, wurden die Pflanzen dann

südwärts gedrängt und so die große Lücke in ihrer jetzigen Verbreitung bedingt. In anderer Weise hat die Eiszeit bei Bergpflanzen und Bergtieren gewirkt, indem sie ihre Ausbreitung auch über Ebenen weg ermöglichte, aus denen sie später bei der Erhöhung der Temperatur wieder verschwanden. Bekannt ist ja die Ähnlichkeit der alpinen Flora mit der arktischen. Unter den Säugetieren sind die Schafe und Ziegen typische Bergtiere. Zu den letzteren gehört der abessinische Steinbock (Capra waliē), dessen nächstwohnender Verwandter erst auf dem Sinai sich findet. Unter den jetzigen Verhältnissen wäre es ganz unmöglich, daß ein Steinbock in das abessinische Hochland gelangte. Ähnlich erklärt sich auch die Verbreitung der Kurzhornziege (Hemitragus). Von dieser lebt eine Art in den Bergen von Oman, eine zweite auf dem Himalaja, eine dritte in den Nilgiribergen Südindiens. Dazu kommt eine fossile Art aus den Siwalikhügeln und eine zweite von der Insel Perim im Persischen Golfe. Auch hier muß ein kühleres Klima die Ausbreitung der Gattung ermöglicht haben. Ebenso muß durch einen Klimawechsel die Verbreitung der Hasen erklärt werden, die im Gran Chaco und in Brasilien sich finden, dagegen im Amazonenstromgebiete und in ganz Mittelamerika fehlen, während sie doch unbedingt durch diese Gebiete sich ausgebreitet haben müssen, da ihre Heimat im Norden liegt. Da die Hasen vorwiegend im offenen Gelände leben, sie fehlen aus diesem Grunde in Westafrika und im südlichen Hinterindien und auf den ostindischen Inseln, so muß also in Mittelamerika zeitweise ein Steppenklima geherrscht haben, ähnlich wie in Europa während der Zwischeneiszeiten. Ebenso erklärt sich durch die Wirkung der eiszeitlichen Temperaturerniedrigung, dass viele Käfer der nördlich gemäßigten Zone in der heißen Zone fehlen, dagegen in der südlich gemäßigten wieder auftreten, zumal in Südamerika, wo sie besonders leicht entlang der hohen Gebirge durch die Tropenzone hindurchkommen konnten. Sehr auffällig ist z. B. die Verbreitung des Schwarzkäfers Asida, der rings ums Mittelmeer, in Nordamerika am Arkansas, in Chile und am Kap der guten Hoffnung sich findet. Die verwandte Gattung Helops ist im Norden weit verbreitet, lebt aber auch im äußersten Süden Patagoniens, auf Zeylon und im Südosten Australiens. Unter den Bockkäfern ist der nördliche Breitbock (Prionus) auch nach Madagaskar und Inneraustralien gelangt, der Schrotbock (Rhagium) nach Südafrika, der Schmalbock (Leptura) an den Rio de la Plata und nach Celebes. Unter den Laufkäfern ist der gewöhnliche Laufkäfer (Carabus) auch in Chile anzutreffen, und zahlreiche andere sind hier oder in anderen gemäßigten Gebieten der Südhalbkugel zu finden, während ihre Hauptmasse im Norden heimisch ist, so z. B. der Grab-

läufer (Pterostichus) und die Gattungen Trechus, Dyschirus und andere. Es ist möglich, daß alle diese eigenartigen Verbreitungsgebiete vorwiegend durch die Eiszeit bedingt sind, doch können die Ursachen auch noch weiter zurückliegen, da viele Käferfamilien und selbst Gattungen bis in die Jurazeit zurückgehen.

Alle bisher besprochenen Tierverbreitungen ließen sich auf Grund der jetzigen Verbreitung von Land und Meer höchstens unter Annahme geringer Niveauschwankungen erklären; das ist aber durchaus nicht in allen Fällen möglich. Dies gilt namentlich von den merkwürdigen Beziehungen zwischen Australien, Südamerika, Afrika und Madagaskar quer über die südlichen Ozeane hinweg. Es gibt eine ganze Reihe von Tieren[1]), die in den südlichen Regionen verbreitet sind, in den nördlichen aber auch in der Vorzeit fehlen, und dies ist um so wichtiger, als es sich vielfach um Tiergruppen handelt, von denen wir sonst reiche fossile Reste haben, wie um Säugetiere oder um Reptilien, oder auch um Insekten oder Schnecken. So finden wir von den jetzt ausschließlich in Australien lebenden Beutelmardern (Dasyuridae) fossile Reste auch in Südamerika. Andere dort gefundene Reste ähneln den Kletterbeutlern (Phalangeridae), Känguruhratten (Hypsiprymnidae), vielleicht auch den Känguruhs (Macropodidae), ja eine dieser sonst in Südamerika verschwundenen Formen (Caenolestes) hat in den Hochtälern von Ecuador und von Bogotá sich bis heute erhalten, so daß beide Hauptgruppen der Beuteltiere aus Südamerika und Australien und nur aus diesen bekannt sind, bis auf die Beutelratten (Opossums, Didelphyidae), die auch in Nordamerika lebend hier und in Europa fossil sich finden, aber jedenfalls erst von Südamerika hierher gelangt sind. Die Pfeiffrösche (Cystignathidae) finden sich auch nur in Australien und Südamerika. Ebenso sind die Familien der Nacktsalme (Haplochitonidae) und Hechtlinge (Galaxiadae), auf Australien, Neuseeland und das südliche Südamerika beschränkt; die letzteren sind allerdings in neuester Zeit auch in Südafrika gefunden worden. Damit läßt sich die Verbreitung der Leguane vergleichen. Diese Eidechsen finden sich zum weitaus größten Teile in Amerika doch sind einzelne Arten einerseits aus Australien und von den Fidschi-Inseln, andererseits von Madagaskar bekannt.

Wenden wir jetzt den Blick von dem Großen nach dem Atlantischen Ozean, so sind die zu den Insektenfressern gehörigen Schlitzrüßler (Solenodontidae) von den großen Antillen so nahe mit den Borstenigeln

---

[1]) Arldt, Die Tiergeographischen Reiche und Regionen. Geographische Zeitschrift Bd. 12, 1906, S. 212—220.

(Centetidae) von Madagaskar verwandt, daß man sie oft deren Familie zurechnet. Dem eigentümlichen Klippschliefer (Hyrax), einem kleinen altertümlichen Huftiere Afrikas, standen eine große Anzahl vollständig ausgestorbener Huftiere Südamerikas sehr nahe, und den in Südamerika ebenfalls vielfach verzweigten Zahnarmen (Gürteltieren, Faultieren, Ameisenbären) sind in Afrika die Schuppentiere (Manidae) und Erdferkel (Orycteropodidae) verwandt. Unter den Reptilien sind die Schildirler (Lepidosternidae) eine Eidechsenfamilie, die nur in Südamerika und Afrika sich findet; gleiches gilt von den zungenlosen Fröschen, bei denen der südamerikanischen Wabenkröte (Pipa) der afrikanische Spornfrosch (Dactylethra) entspricht, ferner von den Chromisfischen (Chromidae), von denen nur zwei Arten auf Ceylon sich finden, und schließlich von den in Südamerika wegen ihrer Gefräßigkeit gefürchteten Salmlern (Characinidae). Endlich stehen sich auch die südamerikanischen und die afrikanischen Lungenfische sehr nahe. Schuppenmolch (Lepidosiren) und Molchfisch (Protopterus) haben beide paarige Lungen im Gegensatz zu dem australischen Barramundi (Ceratodus). Madagaskar hat weiter in seinen Baumfröschen (Dendrobatidae) eine sonst nur in Südamerika sich findende Familie aufzuweisen. Weitere Übereinstimmung finden wir bei den Riesenschlangen und in noch größerer Zahl bei den niederen Tieren, Insekten, Spinnen, Tausendfüßern, Krebsen, Muscheln, Schnecken, Regenwürmern, ebenso auch bei den am Strande lebenden Säugetieren, wie den Seekühen, und bei den Vögeln. Alle diese Tatsachen sprechen für eine frühere Landverbindung der südlichen Erdteile. Daß Südamerika mit Afrika und dieses mit Madagaskar lange Zeit, wahrscheinlich bis in die Tertiärzeit hinein, zusammenhing, wird jetzt von den meisten Forschern, Tier- und Pflanzengeographen sowohl wie Geologen, angenommen. Dieser Kontinent, der mit sehr verschiedenen Namen z. B. als brasilisch-äthiopischer Kontinent, Archhelenis (nach St. Helena), Stenogäa (das enge Land, im Gegensatz zu einem anderen größeren Kontinente), Südatlantis, bezeichnet worden ist, erklärt höchst einfach die Ähnlichkeiten der Tierwelt zu beiden Seiten des Atlantischen Ozeans. Dagegen ist das Vorhandensein eines Kontinentes, der Australien mit Südamerika verband, noch eine offene Streitfrage, denn wiewohl es sich nicht wegleugnen läßt, daß zwischen beiden Ländern ein direkter Tieraustausch stattgefunden haben muß, so könnte dieser doch auch über das Südpolargebiet erfolgt sein, das während der Tertiärzeit viel günstigere Lebensbedingungen bot als in der Jetztzeit. Freilich stehen dieser Annahme manche Tatsachen gegenüber, denn auch der ozeanische Kontinent will sich noch nicht recht unserer Vorstellung einfügen. Es sind eben zu große

Meeresgebiete zu überbrücken, so daß der kombinierende Verstand unwillkürlich bei dem Versuche stutzt, hier ein altes Festland zu rekonstruieren. Doch mag dem sein wie ihm wolle, jedenfalls sind beide Gebiete nicht bloß auf dem Umwege über Nordamerika und Asien miteinander in Verbindung getreten.

Es waren auch die Beziehungen zwischen Madagaskar und Australien angedeutet. Diese erstrecken sich aber fast durchweg nur auf niedere Tiere und lassen keine Schlüsse auf die jüngste Vergangenheit der Erdgeschichte zu. Zu erwähnen wäre hier beispielsweise der Laufkäfer Homalosoma, der in Madagaskar, Australien und Neu-Seeland sich findet. Es gibt solcher Beispiele noch viele, auf die wir uns aber versagen müssen, hier einzugehen. Zum Teil mögen diese merkwürdigen Beziehungen sich aus einem relativ hohen Alter der betreffenden Tiergruppen erklären, die auch oft lückenhafte Verbreitung schafft. Ein Beispiel hierfür bietet die Verbreitung zweier Tagfalterfamilien, der Frühlingsscheckenfalter (Nemeobiidae) und der Libythaeiden. Beide finden sich in Oberguinea, von Vorderindien bis Neuguinea, die ersten im tropischen Südamerika, auf Madagaskar und in Mitteleuropa, die letzteren in der östlichen Union, auf den Antillen und von Südfrankreich und Italien bis zum Kaspischen Meere. Ähnlich wie diese Familien auf fünf bezw. vier Verbreitungsbezirke zerstreut sind, ist dies auch bei einigen Wirbeltierfamilien der Fall. Wir erwähnten dies schon bei den Wassermolchen, die drei Gebiete bewohnen. Noch mehr zersplittert sind die Nacktaugen; diese Eidechsen sind in 16 Arten auf sieben Bezirke verteilt, sie finden sich 1. im tropischen Südamerika und auf den Antillen, 2. an der Guineaküste, 3. vom Ägäischen Meere bis an den Irtisch, 4. in Australien, Neuguinea und auf den Fidschi-Inseln, 5. auf den Bonin Inseln, 6. auf Hawaii und 7. auf Mauritius. Selbst eine Gattung dieser Familie ist auf die Verbreitungsgebiete 2, 3 und 5 verteilt, während eine zweite in den Gebieten 4 und 7 sich findet, also auch eine Beziehung zwischen Madagaskar und Australien aufweist. Fossile Reste dieser Familie kennen wir garnicht, immerhin müssen wir annehmen, daß sie einst weiter verbreitet waren als jetzt und in den Zwischengebieten erst später ausgerottet wurden.

Wir sehen, daß die zerstreute Verbreitung vieler Tierformen sich einfach und ungezwungen erklären läßt, während in anderen Fällen nur Vermutungen möglich sind, die einen geringeren oder höheren Grad von Wahrscheinlichkeit besitzen. Es gibt aber auch Fälle, in denen noch jede einigermaßen sichere Erklärung unmöglich ist, da zu viele Wege zur Erklärung offen stehen. Das gilt besonders bei

niederen Tieren von hohem Alter, wie Skorpionen und Würmern. Deren Verbreitung kann daher auch nicht die Grundlage für die Rekonstruktion alter Festländer bieten, sie kann sie höchstens mit stützen.





Neueste Augenzeugnisse und uralte Ereignisse vulkanischer Art.

Das Zeitalter der Erdkatastrophen, in das das neue Jahrhundert einführte, scheint bestimmt zu sein, die Schleier zu lüften von Wahrheiten des Naturlebens, die für viele Schrecken und Verderben bedeuten. Vor allem ein französischer Gelehrter, dem es vergönnt war, ausgerüstet mit allen Vorteilen eines Delegierten der Pariser Akademie, die Katastrophen von Martinique und St. Vincent und die diesjährige des Vesuv an Ort und Stelle und großenteils noch als Augenzeuge zu studieren, erlangte Ergebnisse, die wie grelle Schlaglichter auf bisher in tiefstes Geheimnis gehüllte Vorgänge des Vulkanismus fallen. Sie sind niedergelegt in den neuesten Comptes Rendus der Pariser Akademie der Wissenschaften von ihrem Autor A. Lacroix.

Auf dem denkbar exaktesten Wege, durch chemische Untersuchungen, denen er mit sorgfältiger Vorsicht gesammelte Proben des Ausbruchsmaterials unterwerfen ließ, erreichte er Identifizierung des im April 1906 zum Ausfluß gelangten Magmas mit denjenigen von 1872 und 1631, und erzielte seine strenge Unterscheidung von magmatischen Produkten anderer Vesuvausbrüche, die zum Aufbau des nun teilweise abgesprengten Vesuvkegels beigetragen hatten. Vor allem waren jene Magmen, übereinstimmend in ihren Prozentverhältnissen, reicher an Alkalien, deshalb an feldspatartigen Verbindungen.

Damit waren Schlüsse bestätigt, die aus anderen, unabhängigen Gründen auf eine weitgehende Übereinstimmung des Ausbruches von 1906 mit denjenigen von 1872 und besonders von 1631 hinausliefen. Diese Schlüsse sind von dem Neapeler Geologen G. de Lorenzo aus der ungewöhnlichen, sozusagen der maximalen, Intensität dieser Vesuvausbrüche, mit Einschluß desjenigen von 79, und ferner von dem Unter-

zeichneten aus einem Vergleiche zeitgenössischer Schilderungen über den Hergang jener Ausbrüche gezogen worden.*)

Auf dem gleichen exakten Wege, unterstützt zugleich durch eigene Beobachtungen der einzelnen Ausbruchsphasen an Ort und Stelle, gelangte Lacroix dazu, die Unterscheidung zu bestätigen, die Mercalli zwischen strombolischen Explosionen und vulkanischen Sprengungen getroffen hatte. Den Stoff zu den ersteren liefert lediglich das frische Magma des Ausbruchs, den Stoff zu den letzteren hauptsächlich das den Vulkankegel aufbauende vulkanische Gestein aus früheren Ausbruchsepochen. Als die an den Flanken des Vesuv zum Durchbruch oder genauer zum Durchschmelzen gelangten Seitenöffnungen das Magma aus dem Schlote bis zu 700 und mehr Meter unterhalb des Kraterrandes abgezapft hatten, kamen die dadurch auch selbst in ihrer Standfestigkeit beeinträchtigten Kegelwandungen des Kraters zum Einsturz und gaben am 7. und 8. April 1906 Anlaß zu den vulkanischen Sprengungen. Ihnen waren in der Folge die Lapilli- und Aschenregen — auch solche feinster Asche — zuzuschreiben, die die schwersten Verheerungen des ganzen Ausbruchs anrichteten und diesem den eigenartigsten und schließlich furchtbarsten Zug seines Charakters verliehen.

Ein anderer Teil der Sprengungsprodukte rollte, eben über den neuen Kraterrand gelangt, in Form von Schuttlawinen herab. Ihr Erzeugnis war eine vulkanische Breccie, die sich aus den mannigfaltigsten, doch fast nur vulkanischen Gesteinsmaterialien zusammengewürfelt erwies.

Lacroix glaubte, in diesem neuesten Gesteinsgebilde des Vesuv den Schlüssel zu einem Rätsel zu finden, das der Boden seiner französischen Heimat birgt. Ganz entsprechend zusammengesetzte vulkanische Breccien waren ihm bekannt von den Monts Dore in der Auvergne, besonders vom Riveau Grand. Lacroix schloß daraus auf einen entsprechenden Hergang bei dortigen Ausbrüchen, wie er bei dem Ausbruch des Vesuv im April 1906, dessen Augenzeuge er war, stattgefunden hatte. Jene Ausbrüche fielen aber in die Tertiär- oder Diluvialzeit, jedenfalls in ganz und gar vorgeschichtliche Zeiten.

Man kann noch weiter gehen und andere Rätsel der zentralfranzösischen Vulkangebiete in diese Erklärung einbeziehen. Zu ihnen gehören die bisher aus Verwitterung magmatischer Apophysen erklärten Geröllströme und Steinmeere in der Nähe der Phonolithkuppen von Le Puy, etwa 100 Kilometer südöstlich von den Monts Dore, und vor allem eine

*) Das eine geschah in einem Vortrage des Herrn de Lorenzo vor der Londoner Geologischen Gesellschaft, das andere in einem Beitrage des Unterzeichneten zu Heft 21 des zehnten Jahrganges der Frankfurter Zeitschrift „Die Umschau“.

berühmte Breccienablagerung am Hange des Volcan de Denise in derselben Gegend. Diese Breccien, im Volksmund wenig respektvoll, die Schlosserei oder die Keulen (cuisses) des Gargantua genannt, erheben sich in dunklen, ruinenartigen Massen. Im Jahre 1844 erlangten sie dadurch Weltruf, daß zwischen Resten diluvialer Elefanten-, Rhinozeros- und Vogelarten in ihnen wohlerhaltene, nur wenig versengt erscheinende Gebeine von zwei Menschen entdeckt wurden. Der Fund, der zuerst der Société Géologique de France mitgeteilt wurde, führte zu einem lebhaften Meinungsaustausch für und wider in der wissenschaftlichen Welt. Aber Größen der Wissenschaft, wie Lyell, Prestwich, Poulett Scrope, Geoffroy Sainte-Hilaire, Laurillard, Pictet, Hébert, Lartet, überzeugten sich persönlich am Orte von der Richtigkeit der Deutung. Es kann kein Zweifel daran bestehen, daß in jenen Knochen die Reste der ersten menschlichen Zeugen einer vulkanischen Katastrophe entdeckt waren. Sie legten Zeugnis ab von dem Geschehen und von der vernichtenden Wirkung jener vorgeschichtlichen Katastrophe. Die neuen Untersuchungen des modernen Franzosen A. Lacroix verbreiteten Licht über den Hergang dieser Katastrophe. Wie am 7. und 8. April 1906 beim Vesuv, so waren an jenen verhängnisvollen Tagen der grauen Vorzeit beim Denise vulkanische Sprengungen, nicht allein strombolische Explosionen, beteiligt.

Es erscheint als eines der wunderbarsten Spiele des Zufalles, daß auf Grund der geistvollen Augenzeugnisse eines französischen Gelehrten der Gegenwart geurteilt werden kann über die schwersten Stunden des Schicksals ältester Ureinwohner Frankreichs, von denen wir wissen.

W. K.



Elektro-pneumatisch betriebene Weichen und Signale.

Als sich der Bahnbetrieb noch in den gemütlichen Formen der siebziger Jahre abspielte, bediente man die Weichen und Signale ganz allgemein von Hand. Das riesige Anwachsen des Verkehrs jedoch würde einen derartigen Betrieb jetzt ganz unmöglich machen, denn das unübersehbare Heer der Wärter würde beim Herumlaufen zwischen den Zügen in beständiger Lebensgefahr schweben, und ein glattes Abwickeln des Verkehrs wäre dennoch ausgeschlossen. Die Entwicklung führte aus den Bedürfnissen der Praxis heraus zuerst zu den Rangierstellwerken, die eine Anzahl Weichen in einem Punkte vereinigten, von wo aus sie bedient wurden. Aber auch das genügte nicht; es machte sich bald notwendig, die Signale in eine Art Abhängigkeitsverhältnis zu den

Weichen zu bringen, und so entstand das heutige vereinigte Weichen- und Signalstellwerk. Diese Vorrichtungen sind so eingerichtet, daß bei gewissen Signalstellungen die Weichen der betreffenden Gleise nur in bestimmter Stellung stehen können; zugleich sind die Nebengeleise in bestimmter Weise versichert, so daß ein Zug nicht etwa durch schlechte Weichenstellung aus den Schienen springen kann. Diese Stellwerke sind von Hand zu bedienen; die Stellung der Weichen geschieht durch mechanische Übertragung, und diese läßt nur eine gewisse Entfernung der Weichen und Signale von dem Stellwerk zu, weil die Bedienung eines derartigen Doppeldrahtzuges schon bedeutende Körperkraft erfordert. Auf Bahnhöfen kommt man daher meist nicht mit einem Stellwerk aus, so daß die verschiedenen vorhandenen Werke durch elektrische Abhängigkeit voneinander, durch sogenannte Blockung in Verbindung stehen und auf diese Weise die Betriebssicherheit verbürgen. Diese Blockung führt aber, namentlich auf größeren Bahnhöfen, außerordentlich komplizierte Stellwerke herbei, deren Bedienung selbst schon wieder schwierig zu werden beginnt. Man geht daher auf größeren Bahnhöfen dazu über, Kraftstellwerke einzurichten, deren Bedienung von einem Punkte aus bis zu fast beliebigen Entfernungen möglich ist. Während das Betätigen eines Signals mit Weiche eine Zugkrat von 20 bis 40 kg erfordert, läßt sich bei den Kraftstellwerken alles durch bloße Einschaltung mittels kleiner Hebelchen bedienen. Für die größten Bahnhöfe genügt auf diese Weise ein einziges Stellwerk von relativer Einfachheit.

Die Kraftstellwerke werden in drei Formen ausgeführt: mit rein elektrischem Betriebe, mit rein pneumatischem und in gemischter Form elektro-pneumatisch. In den Fällen, wo Elektrizität Anwendung findet, werden von den Stellwerken aus lediglich Relais betätigt, die an Ort und Stelle erst den Kraftstrom auslösen und die Elektromotoren zur Weichen- und Signalstellung in Gang setzen. Bei den elektro-pneumatischen Anlagen vertritt ein Zylinder mit Kolben die Elektromotoren. Die vollendete Stellung der Weiche wird durch eine selbsttätige elektrische Rückmeldung am Kraftstellwerke angezeigt; der Wärter erkennt an farbigen Schildern, ob sich die Weichenzungen genau geschlossen haben und wie die Signalarme stehen. Das Stellwerk ist so eingerichtet, daß die Signale erst dann gestellt werden können, wenn die richtige Rückmeldung auf dem Stellwerke bewirkt ist, andernfalls fällt der Signalarm immer wieder auf Halt.

Die preußische Staatsbahnverwaltung hat zur Probe auf dem an der Berlin-Breslauer Strecke liegenden Bahnhofe Kottbus ein elektropneumatisches Stellwerk einrichten lassen, durch das 59 Zungenpaare,

7 Hubschienen zur Verhütung des Umstellens der Weiche während der Durchfahrt, 27 Signalarme und Vorsignalscheiben auf 9 Ein- und 14 Ausfahrten beherrscht werden. Die größten Entfernungen vom Stellwerke aus betragen bei Weichen 680 m, bei Mastsignalen 750 m und bei Vorsignalen 1450 m. Das Werk ersetzt drei mechanisch betriebene Handstellwerke mit elektrischer Abhängigkeit. Eine genauere Beschreibung dieses Werkes findet man in der Wiener Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau". Die Betriebs- und Personalersparnis beziffert sich gegen die frühere Betriebsweise auf 4500 Mk. pro Jahr. Dem stehen allerdings die erheblich größeren Anschaffungskosten gegenüber. Das elektro-pneumatische Stellwerk — exkl. Stellwerksgebäude — kostet 160 000 Mk., die entsprechenden mechanischen nur gut die Hälfte. Man darf hinwiederum nicht vergessen, daß Erstausführungen immer teurer sind. Und zur Erhöhung der Betriebssicherheit darf keine Summe zu groß sein! — Bemerkenswerte Störungen sind übrigens bisher noch nicht vorgekommen. L.



Waren die Menschen jemals Riesen?

A. Dastre veröffentlicht in der „Revue des Deux Mondes" eine fesselnde Studie über die menschliche Statur in verschiedenen Zeitaltern. Er bekämpft die weitverbreitete Meinung, daß die heutigen Rassen die entarteten Nachkommen einer einstigen größeren und kräftigeren Rasse seien und daß die einstigen Geschlechter blutreicher waren, das gegenwärtige aber schwächer und nervöser sei. Diese Ansicht hält er für eine Form des alten Aberglaubens an die Existenz von Riesen — ein Glaube, zu dessen Fortpflanzung die Bibel viel beigetragen habe. Wie hätten Stämme von so gewaltiger Konstitution, wie sie in der Bibel vorkommen, jemals gänzlich verschwinden können? fragt Dastre. Auch durch die Riesensagen der alten Götterlehren ist der Riesenglaube gekräftigt worden. Die moderne Wissenschaft läßt Sagen Sagen sein und hält sich an die Ergebnisse der anthropologischen und medizinischen Forschungen. Die vorgenommenen Messungen von Menschen aller Zeiten haben keine Anhaltspunkte für die Richtigkeit der Annahme ergeben, daß die menschliche Natur kleiner geworden ist. Die Medizin geht selbst so weit, zu erklären, daß die wenig zahlreichen übergroßen Personen, die es zu allen Zeiten gegeben hat und noch gibt, lediglich als krankhafte Abnormitäten zu betrachten seien, deren Riesenstatur geradezu ein Zeichen von Schwäche im Daseinskampf bilde. Man dürfe also den einschlägigen

unerwiesenen Meldungen gewisser Geschichtsschreiber, Reisenden und Erdkundigen nicht vertrauen.

Von den Bewohnern Patagoniens glaubte und glaubt man vielfach, sie seien Riesen. Magelhaens, der zuerst auf sie aufmerksam machte, spricht ihnen $7^1/_2{}'$ zu, während andere „Autoritäten“ zwischen 6 und 11′ schwanken. Das ist Unsinn, wenngleich man anerkennen muß, daß die Patagonier wirklich hochgewachsen sind. K.



Elektrostatische Kraftlinien.

In den Annalen der Physik (No. 8. 1906) beschreibt Herr Prof. W. Holtz ein schönes und leicht ausführbares Vorlesungsexperiment über Niveaulinien. Unmittelbar vor eine Influenzmaschine wird ein Bogen Zinkpapier gelegt. In die Klemmen des Einschaltungsapparates der Maschine werden dickere Kupferdrähte gesteckt und deren freie zugespitzte Enden nach abwärts gebogen, so daß sie in der Mittellinie des Papieres stehen. Wird nun die Maschine unter Verwendung kleiner Leydener Flaschen in Gang gesetzt, so zeigt sich bei hinreichender Verfinsterung des Zimmers ein prachtvolles Bild leuchtender Kraftlinien auf dem Papier. Bei Verwendung von Kupferfolie (Goldpapier) zeigen die leuchtenden Linien statt der rötlich-blauen Färbung eine sehr schöne grüne Farbe. L.



Egon Lützeler. Der Mond als Gestirn und Welt und sein Einfluß auf unsere Erde. Köln 1906. Verlag und Druck von J. P. Bachem.

Es war nicht des Verfassers Absicht, „ein Werk zu schaffen, das Anspruch darauf machen könnte, zu jenen hohen Werken ernster Wissenschaft gezählt zu werden, in denen unsere großen Gelehrten die Ergebnisse eigener mühevoller Forschung, ihre scharfsinnigen Entdeckungen und Erfindungen, niederzulegen pflegen“. Ein populäres Werk über den Mond sollte also entstehen, in leichtverständlichem Tone geschrieben. Sehr gut! Hierzu gehört aber weit mehr Wissen als zur Abfassung eines Werkes ernster Wissenschaft, und wenn der

Verfasser sich eingangs seines Vorwortes diesen Mangel an umfassendem Wissen selbst bescheinigt und dennoch glaubt „an Hand eingehenden Quellenstudiums“ d. h. durch Abschreiben aus gemeinverständlichen Werken, namentlich von Klein, eine Monographie über den Mond schreiben zu können „die auch der Ältere und Gebildete ohne falsche Scham zur Hand nehmen kann“, so kann ein solcher Irrtum nicht streng genug getadelt werden. Gerade das deutsche Lesepublikum steht so hoch, daß nur allerbeste Kräfte, die aus selbst erworbenem, umfassendem Wissen schöpfen, berufen erscheinen, des heiligen Amtes, das Wissen zum Gemeingut zu machen, zu walten.

Auch äußerlich kennzeichnet der Verfasser sein Buch als Anleihe, indem er unablässig zitiert, nicht aber bloß kurze, bedeutende Sentenzen, sondern halbe Seiten lang die ausgeschriebenen Werke kopiert. Sehr häufig ist das, was er dabei in seine eigene Sprache überträgt, von ihm nicht richtig verstanden und falsch wiedergegeben; gelegentlich schreibt er auch Falsches wörtlich ab, so auf S. 24 und 25 die Angaben über die Sichtbarkeits- und Verfinsterungsdauer der beiden Marsmonde, oder S. 14, wo der Schattenkegel des 5. Jupitermondes auf dem Jupiter eine Mondfinsternis erzeugen soll. Von den erheblichen Irrtümern mögen nur wenige Proben gegeben werden. Die Uranusmonde laufen von Ost nach West um ihren Hauptplaneten (S. 7 u. 9). Lassell hat mit dem Spiegelteleskop der Sternwarte Washington (!) den Neptunsmond entdeckt (S. 7). Barnard und Hussey „berechnen“ am Lickrefraktor den Durchmesser des Titan (S. 11), Jupiter ist 309mal „größer“ als die Erde und 1048 mal „kleiner“ als die Sonne (S. 13), das unglückliche Fernrohr der Pariser Weltausstellung, war ein „Riesen-Spiegelteleskop“ (S. 90). Aber auch, wo nicht direkte Irrtümer vorliegen, ist die Darstellung fast immer schief und beweist, daß der Verfasser selbst das Dargestellte nicht versteht, jedenfalls nicht beherrscht. Fremde Eigennamen sind bisweilen falsch geschrieben, und in Fremdsprachen kommen Irrtümer vor.

Außerdem ist das Buch, wenn wir von vereinzelten gelungenen Kunstdrucktafeln absehen, höchst minderwertig illustriert. In diesen Abbildungen finden sich auch die gröbsten Schnitzer. In der Darstellung der Corona S. 66 hat der verfinsterte Mond am Rande zwei spitze Bergkegel von je $^1/_8$ Mondradius Höhe genau wie bei Pohle, woher die Abbildung entnommen ist. Was soll man aber dazu sagen, wenn S. 101 eine eigentümliche Verbindung von Refraktor und Spiegelteleskop an den beiden Enden derselben Deklinationsachse für den „großen Refraktor“ der Lickstemwarte ausgegeben wird, und S. 90 der photographische Refraktor der Gebrüder Henry, als das sog. Coudé aequatorial (sic!!), mit dem die reproduzierten Mondaufnahmen gemacht seien, ausgegeben wird, oder wenn S. 49 die „zunehmende Mondsichel“ die helle Seite links oben hat. Die nur im umkehrenden Fernrohr sichtbaren Mondgebilde sind bald aufrecht, bald umgekehrt dargestellt usw.

Doch genug mit der Aufzählung besonderer Fehler des stets in Superlativen schwelgenden Buches. Sie sollen nur beweisen, daß das zusammenfassende Urteil „unbrauchbar“ wohlbegründet ist. R.

J. Franz. Der Mond. Aus Natur und Geisteswelt. Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen. 90. Bändchen. Leipzig, B. G. Teubner. 1906.

Auf den nur 132 Seiten dieses kleinen Werkchens in Duodezformat be-

handelt der Verfasser in überaus erschöpfender Weise alle Fragen, die sich auf unsern Trabanten beziehen. Die vortrefflich knappe und doch klare Schreibweise allein ermöglicht dies. Der Verfasser ist durch seine vieljährigen Untersuchungen über die Bahnlage, die Gestalt, die Libration, die Niveauverhältnisse der Oberfläche des Mondes wie kein zweiter berufen, diesen theoretischen Teil der Selenographie übersichtlich darzustellen, aber auch die Beschreibungen der Mondgebilde sind treffend und durch passende Vergleiche greifbar deutlich gegeben. Die Lektüre des Kapitels 50 „Beobachtungen eines Mondbewohners" ist ein ästhetischer Genuß und entwickelt zutreffende neue Gesichtspunkte, was man bei einem so viel behandelten Gegenstand vielleicht nicht erwartet hätte. Entsprechend dem sehr bescheidenen Preis des Büchleins sind photographische Wiedergaben des Mondes oder einzelner Partien desselben in größerer Zahl unterblieben. Könnte diese die Anschauung so ungemein unterstützende Bereicherung des Werkes künftig vielleicht ermöglicht werden, so würde hiermit ein Standard-Werk geschaffen, dem unzählige Auflagen sicher wären. F. R.

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. Zehnte Auflage. Band I, 1. Abteilung: Mechanik, bearbeitet von Prof. Leop. Pfaundler. Verlag von Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Der Müller-Pouillet ist nicht sowohl für den Fachwissenschaftler, als vielmehr für den ernsten Liebhaber der Physik bestimmt und als vortreffliches Lehrbuch längst allgemein anerkannt. Seit der achten Auflage nimmt die Darstellung den gelungenen Anlauf zu einer mehr mathematischen Betrachtungsweise, ein schwieriges Unterfangen, wenn man bedenkt, wie unbequem sich gerade die Mechanik mit niederer Mathematik und ohne Zuhilfenahme der Analysis abhandeln läßt. Man muß es dem Verfasser danken, daß er sich dieser entsagungs- und mühevollen Arbeit im Interesse eines weiteren Leserkreises unterzogen hat. Aus Fachkreisen ist dem Müller-Pouillet vorgeworfen worden, er sei ein Bilderbuch. Das ist ein häßlicher Vorwurf. Wir haben gute Abbildungen noch niemals als einen Nachteil empfunden. Das Buch ist doch für den gebildeten Laien geschrieben, und gerade für diesen kann das Abbildungsmaterial gar nicht plastisch und zahlreich genug sein. Nach Abschluß des ersten Bandes werden wir auf das hervorragend zweckmäßige und vortreffliche Werk noch einmal ausführlich zurückkommen, empfehlen es aber schon jetzt den Lesern von „Himmel u. Erde" auf das nachdrücklichste. D.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H. Zossen—Berlin SW. 11.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Erscheinungsform und Wesen der Erderschütterungen.

Von Geheimrat **Professor Dr. Wahnschaffe** in Berlin.

Wenn ein schwer beladener Lastwagen über das Straßenpflaster fährt, so bemerken wir, namentlich in den oberen Stockwerken leicht gebauter Häuser, ein Zittern des Fußbodens und der Wände, ein Klirren lose stehender Gläser und Tassen sowie der Fensterscheiben und eine geringe Bewegung leichter, an den Wänden oder an der Decke aufgehängter Gegenstände. Diese Bewegungen sind die Folge von Erschütterungen der Erdoberfläche, die sich von der erschütterten Stelle aus wellenförmig nach allen Richtungen hin fortpflanzen und sich allmählich abschwächen. Dabei überträgt die in Schwingungen versetzte Erdoberfläche naturgemäß diese Bewegungen auf die ihr auflastenden Gegenstände. Weit stärkere künstliche Erderschütterungen können hervorgebracht werden durch einen Eisenhammer, durch ober- oder unterirdische Sprengungen, durch die Explosion von Pulver- oder Dynamitfabriken oder auch durch das Nachsinken von Gesteinsschichten in unterirdische, durch den Bergbau entstandene Hohlräume. In dem letzteren Falle, wie dies beispielsweise die Städte Staßfurt und Eisleben zeigen, treten neben den Erderschütterungen bemerkenswerte Veränderungen der Erdoberfläche ein, die in trichterartigen Senkungen des Bodens und in der Bildung von Spalten bestehen. Dabei bekommen die Häuser Risse, senken sich und drohen einzustürzen. Alle die genannten, auf künstliche Weise hervorgerufenen Erscheinungen stimmen in ihrem Wesen vollkommen mit denen der Erdbeben überein. Man hat sich jedoch daran gewöhnt, als Erdbeben nur solche Erderschütterungen zu bezeichnen, die auf natürlichem Wege entstehen; man kennt nur ihre an der Erdoberfläche auftretenden Wirkungen,

während ihre eigentlichen Ursachen uns verborgen sind und nur aus der Art und Weise des Auftretens der Erscheinungen geschlossen werden können. Wenn wir uns jetzt mit diesen natürlichen Erderschütterungen näher beschäftigen wollen, so müssen wir zuerst ihre Erscheinungsformen betrachten, um aus diesen Schlüsse über ihr eigentliches Wesen d. h. ihre Entstehungsursachen ableiten zu können.

Was zunächst die Stärke der Erdbeben betrifft, so können die Erderschütterungen von dem schwächsten, durch unsere Sinne gerade noch wahrnehmbaren Erzittern des Bodens sich durch alle Grade der Intensität hindurch bis zu den furchtbarsten Katastrophen steigern, bei denen in wenigen Sekunden große Städte in Trümmerhaufen verwandelt werden und gewaltige Felsmassen sich von den Gebirgen ablösen und die Täler weithin überschütten. In unserem fast erdbebenfreien Landstriche haben wir uns gewöhnt, die Erdkruste als etwas Starres und Unbewegliches anzusehen. Aber wenn wir von den schrecklichen, glücklicherweise nicht allzu häufig eintretenden großen Katastrophen absehen, so gehören schwächere Erdbeben zu den allergewöhnlichsten Erscheinungen; ja man kann sogar annehmen, daß die Erdoberfläche an jedem Tage und zu jeder Stunde an irgend einem Punkte erschüttert wird. Es ist dies, wie wir später sehen werden, eine unmittelbare Folge der Entstehung und weiteren Umbildung unserer festen Erdkruste, die durch ihre Zuckungen die stetige Fortdauer dieses Werdeprozesses uns kundtut. Seitdem man durch Erdbebenmeßinstrumente, namentlich durch das außerordentlich empfindliche Horizontalpendel, die feinsten, durch unsere Sinne nicht mehr wahrnehmbaren Bewegungen der Erdkruste nachzuweisen vermag, hat Milne aus den Beobachtungen in Japan den Schluß abgeleitet, daß neben den wirklichen Erdbeben, deren Erschütterungsherd in der festen Erdkruste selbst gelegen ist, noch andere leise Bewegungen der Erdoberfläche zu unterscheiden sind, die der Hauptsache nach auf die Einwirkungen der Winde zurückgeführt werden müssen. Man hat angenommen, daß die feste, aus den Gesteinen gebildete Hülle unserer Erde einen gewissen Grad von Elastizität besitzt und daß die durch die Winde hervorgerufenen Luftdruckschwankungen infolge der wechselnden Belastung und Entlastung des Bodens denselben in Schwingungen versetzen. Diese Art der Bewegungen der Erdoberfläche hat man als „Tremors“ bezeichnet.

In gewissen Gebieten unserer Erde sind die wirklichen Erdbeben eine so häufige Erscheinung, daß sich die Eingeborenen völlig daran gewöhnt haben und schwächere Erschütterungen kaum noch beachten.

Zu diesen chronischen Schüttergebieten gehören namentlich Japan und die Westküste von Süd-Amerika. In letzterem Gebiete werden die leiseren Schwankungen von den Bewohnern als „Tremblores“ besonders bezeichnet und von den stärkeren Erdbeben, den „Terremotos“, unterschieden.

Nach der Art und Weise des Auftretens der Erdbeben und der durch dieselben veranlaßten Wirkungen hat man zwei verschiedene Formen der Bewegungen unterschieden, nämlich die Stöße oder „succussorischen“ und die wellenartigen Schwingungen oder „undulatorischen“ Beben. Die Erdbebenwellen pflanzen sich vom Erschütterungspunkte aus in der Erdkruste radial nach allen Seiten hin fort und werden naturgemäß bei der Kugelgestalt unserer Erde die Erdoberfläche zuerst in dem Punkte erreichen, welcher senkrecht über dem Erschütterungsmittelpunkte gelegen ist. Diesen an der Erdoberfläche gelegenen Erschütterungspunkt bezeichnet man als Epicentrum, den in der Tiefe gelegenen Ausgangspunkt der Bewegung als Hypocentrum des Erdbebens. Da die Stärke der Bewegung sich mehr und mehr abschwächt, einen je weiteren Weg die Schwingungen vom Hypocentrum aus bis zur Erdoberfläche zu durchlaufen haben, so wird das Epicentrum nicht nur zuerst sondern auch am stärksten erschüttert werden. Die Bewegung wird hier als ein Stoß empfunden, der nach allen Seiten hinwellenförmige Schwingungen erzeugt. Je schräger die vom Hypocentrum ausgehenden, von unten nach oben gerichteten Stoßbewegungen von der Erdoberfläche geschnitten werden, um so mehr werden sie als wellenförmige Schwingungen des Bodens empfunden werden. Die succussorischen und undulatorischen Erdbeben sind daher nicht ihrem Wesen nach verschiedene Bewegungen, sondern es kommt nur auf die Lage des erschütterten Punktes der Erdoberfläche zum Epicentrum an. Je näher dieser Punkt am Epicentrum liegt, um so mehr wird der Emergenzwinkel der Erdbebenwelle, d. h. der Winkel, unter dem die Stoßwelle an die Erdoberfläche tritt, sich einem rechten Winkel nähern, und die Bewegung wird als Stoß empfunden werden; je weiter der Punkt vom Epicentrum entfernt ist, um so spitzer ist der Emergenzwinkel, und der Stoß wird eine wellenförmige Bewegung hervorrufen. Es werden daher bei jedem Beben sowohl succussorische als auch undulatorische Bewegungen auftreten können.

Nach den Berichten sind bei verschiedenen Erdbeben sowohl senkrecht als auch schräg wirkende Stöße wahrgenommen worden, durch die schwere Gegenstände und Menschen hoch in die Luft geschleudert wurden. Bei dem heftigen kalabrischen Beben vom Jahre

1783 wurden in einigen Orten ganze Häuser z. T. mit den Fundamenten emporgeschleudert, und die Pflastersteine wurden wie Geschosse aus dem Boden herausgeschossen, während die Gipfel der Berge auf und nieder tanzten.

In Riobamba in Ecuador sollen bei dem furchtbaren Erdbeben im Jahre 1797 die Leichen aus den Gräbern herausgeschleudert und über einen Bach hinweg auf einen mehrere hundert Fuß hohen Hügel geworfen sein. Ein Mastbaum, der 10 m tief in dem Boden des Forts San Carlos in Chile eingerammt und mit drei Eisenstäben befestigt war, wurde am 7. November 1837 so senkrecht aus der Erde herausgeschossen, daß das Loch völlig rund und unverletzt blieb.

Die mehr oder weniger senkrechten Stöße, die bei einem starken Beben die größten Zerstörungen hervorrufen, können in einem um so ausgedehnteren Gebiete auftreten, je größer der Umfang des Erdbebenherdes ist. Im weiteren Umkreise des Epicentrums pflanzen sich die immer schräger werdenden Stöße in konzentrischen Wellenbewegungen fort. Das Vorwärtsjagen der Erdbebenwellen läßt sich dann oft deutlich beobachten. Bei dem kalabrischen Erdbeben im Jahre 1783 neigten sich die Bäume so stark, daß die Äste auf den Boden aufschlugen und zerbrachen. Das Fortschreiten der Erdbebenwelle konnte man von weitem an langen Baumreihen beobachten.

In Missouri sah man 1811 von höheren Punkten aus, wie die Baumkronen in den Wäldern schwankten, so daß diese Erscheinung mit einem vom Sturme bewegten Kornfelde zu vergleichen war.

Bei dem Erdbeben in Chile im Jahre 1835 wird berichtet, daß bei Concepcion italienische Pappeln, die noch drei Fuß über dem Erdboden 15 Zoll Durchmesser hatten, unter den Bebenwellen sich wie Rosenstöcke zur Erde bogen, und zwar nach rückwärts, entgegengesetzt der Richtung der Erdbebenwellen.

Bei sehr heftigen Erdbeben können sich die Bodenbewegungen derart steigern, daß, wie bei dem Beben bei Battang in China im Jahre 1870, der Boden zuerst wie ein ruhiges und sodann wie ein vom Sturme gepeitschtes Meer schwankte, wobei alle menschlichen Wohnungen umgeworfen wurden.

Als die Stadt Caracas in Venezuela am 26. März 1812 durch ein gewaltiges Erdbeben vernichtet wurde, wallte der Boden empor wie eine heftig siedende Flüssigkeit.

Eine in hohem Grade verderbenbringende Erscheinung ist bei heftigeren Erdbeben die Spaltenbildung an der Erdoberfläche. Diese Spalten haben entweder einen geradlinigen Verlauf und sind parallel angeordnet oder sie erscheinen mehr oder weniger gekrümmt. Zu-

weilen läßt sich ein Stoßcentrum unterscheiden, von dem die Spalten in radialer Richtung auslaufen. Die Spalten schließen sich entweder sehr bald nach ihrer Entstehung, oder sie bleiben klaffend, oft mit verschieden tief gesenkten Rändern zu beiden Seiten.

Entsetzlich war die Spaltenbildung bei dem Erdbeben in Jamaica im Jahre 1692. Hunderte von Spalten rissen auf und schlossen sich alsbald wieder, so daß die Menschen in die Schlünde hineinstürzten und oft halb oder ganz gequetscht wurden.

In Ecuador wurde die Stadt Cotacachi im Jahre 1868 fast ganz durch Spaltenbildung vernichtet. Von den 8- bis 10000 Einwohnern blieben kaum 500 übrig. Die meisten Häuser verschwanden fast vollständig, denn sie wurden von den vielen Tausenden immer aufs neue aufreißenden Spalten verschlungen.

Sehr reich an Spaltenbildungen war das kalabrische Erdbeben vom Jahre 1783. Die Berge spalteten sich auf Meilenlänge parallel zu den Tälern, und die Felsmassen stürzten mit den Dörfern und Städten, die auf ihnen standen, in die Tiefe hinab und überschütteten sie mit Felstrümmern. Ganze Grundstücke mit den auf ihnen befindlichen Gebäuden wurden an andere Stellen verschoben, so daß nach dem Beben über die Zugehörigkeit des Grundbesitzes besondere Gesetze erlassen werden mußten.

Die Stadt Lissabon wurde am 1. November 1755 in wenigen Minuten durch drei gewaltige Stöße in einen Trümmerhaufen verwandelt. Von den 300000 Einwohnern gingen 70000 zugrunde. Eine große Menge Menschen hatte sich auf den neuerbauten Marmorquai gerettet, wo sie vor den zusammenstürzenden Häusern sicher zu sein glaubte. Da öffnete sich plötzlich in der Tiefe ein gewaltiger Schlund, und in ihn hinein stürzte der lange Marmorquai mit Hunderten von Menschen und den vielen Schiffen, die an ihm festgekettet waren, bei dem gewaltigen Wasserstrudel alles mit sich hinabziehend. Daß es sich hier nicht um ein bloßes Abrutschen des Marmorquais auf seiner Unterlage handelt, sondern um eine tiefe Spaltenbildung, geht aus dem Umstande hervor, daß von Schiffsresten und Leichen an dieser Stelle später nichts gefunden wurde und daß die entstandene seeartige Erweiterung des Tajo-Flusses dort eine Vertiefung bis zu 200 m erlitten hat.

Mit der Spaltenbildung geht in vielen Fällen das Herauspressen des Grundwassers oder der vom Wasser durchweichten schlammigen Untergrundsschichten Hand in Hand, so daß sich in diesen Fällen kleine Schlammkrater bilden können. Derartige Erscheinungen sind

beispielsweise von dem achäischen Erdbeben, das im Jahre 1861 die Küste des Golfes von Korinth erschütterte, beschrieben worden. Auch bei dem kalabrischen Erdbeben vom Jahre 1783, bei dem Erdbeben in Agram 1880 und bei dem Erdbeben in Charleston im Jahre 1886 sind ganz ähnliche Bildungen aufgetreten. Oft entstehen neben den Spalten rundliche Erdfallöcher, und bei dem Charleston-Erdbeben wurde bei der Spaltenbildung soviel Wasser emporgepreßt, daß viele im Sommer völlig trockne Bachbetten sich füllten.

Nur selten verlaufen die Erdbeben in lautloser Stille, sondern meistens sind die stärkeren Beben von unterirdischen Geräuschen begleitet, die entweder wie fern verhallender Donner oder wie naher Kanonendonner, oft auch wie ein Heulen und Brausen ertönen. Es sind die in Schwingungen versetzten verschiedenartigen Gesteinsschichten mit ihren Einschlüssen von Wasser- und Gasmassen, die diese Geräusche hervorbringen. Man hat beobachtet, daß sie nicht nur während des Bebens, sondern auch kurz zuvor oder nachher auftreten können.

Ebenso wie die feste Erdrinde wird auch das Meer durch Stöße in Schwingungen versetzt, und die Flutwellen pflanzen sich oft über die ganzen Ozeane hin fort, die niedrigen, z. T. nur wenige Meter über den Meeresspiegel sich erhebenden Koralleninseln in manchen Fällen überschwemmend und an den Küsten der Festländer mächtig emporbrandend. Wo die Erdbeben in Küstengebieten auftreten, wird das Meer in Mitleidenschaft gezogen und vielfach zuerst durch den Stoß vom Festlande abgedrängt, während dann nach einiger Zeit die Flutwelle mit ungeheurer Gewalt mehrmals zurückkehrt und dabei die furchtbarsten Verwüstungen hervorruft. Bei dem heftigen Erdbeben in Peru im Jahre 1724, das die Stadt Lima zerstörte, wurde die Hafenstadt Callao ebenfalls in Trümmer gelegt und sodann von einer 80 Fuß hohen Meereswelle überflutet. Von den 5000 Einwohnern konnten sich nur 200 retten und von den 23 im Hafen liegenden Schiffen wurden 17 umgeworfen und versenkt, während vier jenseits der Stadt aufs Trockne gesetzt wurden. Noch ein zweites Mal kehrte die Flutwelle zurück und drang eine Meile weit landeinwärts vor, indem sie noch einige der wenigen Überlebenden ergriff, die in der Richtung nach Lima zu entflohen waren.

Ganz analog waren die Erscheinungen im Jahre 1868, als die damals peruanische, jetzt chilenische Stadt Arica zerstört wurde. Mit großer Geschwindigkeit zog sich das Meer von der Küste zurück und riß die im Hafen ankerndern Schiffe in die offene See hinaus. Dann stürzte sich vom Meere aus eine 20 m hohe Flutwelle gegen

das Land, trieb die Schiffe in die Bucht zurück und setzte sie zum Teil auf dem Lande ab. Dabei wurde die Küstenstadt Mexillones überflutet und hinweggeschwemmt.

Bei den Erdbeben kommt nur verhältnismäßig selten ein einziger Stoß vor. Gewöhnlich wird ein Erdbeben durch eine schwächere Erschütterung eingeleitet, und es treten dann einer oder mehrere stärkere Stöße auf, denen schwächere nachfolgen. Die Zahl und Dauer der Erschütterungen ist, wenn man von den schwächeren, nur durch die Erdbebenmeßinstrumente wahrnehmbaren Schwankungen absieht, bei den einzelnen Erdbeben außerordentlich verschieden.

Auf der Insel Chios trat am 3. April 1880 um 1 Uhr 42 Minuten mittags eine kurze und leichte Erschütterung ein. Nach einer kurzen Pause von wenigen Minuten erfolgte die zweite Erschütterung; dann kam nach wenigen Minuten ein dritter succussorischer Stoß von sehr heftiger Wirkung, und diesem folgte wiederum nach 2 Minuten ein ebenfalls sehr starker vierter Stoß, mit dem der allgemeine Einsturz der Gebäude begann. Um 2 Uhr 5 Minuten wiederum erneute heftige Bewegung, und um 3 Uhr mehrere starke Stöße, die das Zerstörungswerk vollendeten. Seitdem verging kein Tag ohne wiederholte sehr heftige Stöße. Das Haupterschütterungsgebiet, auf dem Einstürze vorkamen, umfaßte etwa die Hälfte der Insel, und in dieser wurden von 17000 Häusern 14000 völlig zerstört.

Das gewaltige Erdbeben von Charleston am 31. August 1886 begann mit einem 12 Sekunden anhaltenden Geräusch, dann erfolgte der erste Hauptstoß und sogleich darauf ein zweiter, die zusammen nur 50 Sekunden dauerten. In den folgenden 8 Sekunden nahm die Erschütterung bis zum völligen Verschwinden ab, so daß sich die ganze verheerende Katastrophe demnach in 70 Sekunden abgespielt hat. Sehr zahlreiche ganz schwache Erschütterungen wurden noch bis in das nächste Jahr hinein beobachtet.

Als die Stadt Battang in China am 10. April 1871 zerstört wurde, traten die Erschütterungen fast ununterbrochen zehn Tage hindurch auf.

Bei dem Erdbeben auf der Insel Hawaï im Jahre 1868, das mehrere Monate hindurch anhielt, wurden allein im März dieses Jahres ohne Berücksichtigung der schwächeren Stöße über 2000 Erschütterungen gezählt.

Die Insel Neu-Seeland ist im Jahre 1848 fünf Wochen lang erschüttert worden, wobei an manchen Tagen bis zu 1000 Stöße beobachtet wurden.

In Gebieten, in denen zahlreiche Erschütterungen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes sich wiederholen, bezeichnet man diese Erscheinungen im Gegensatz zu den Einzelbeben als Erdbebenperioden. Im Jahre 1870 wurde die griechische Provinz Phokis drei und ein halbes Jahr hindurch von Erdbebenschwärmen heimgesucht. Nach ungefährer Schätzung erfolgten in den ersten drei Tagen 30000, in der ganzen Zeit etwa 700000 Stöße, unter denen 300 von sehr verderblicher Wirkung waren, so daß mehrere Städte und Dörfer völlig zerstört wurden und namentlich gewaltige Bergstürze am Parnaß, Korax und Kirphis sich ereigneten.

Was die Ausdehnung der Schüttergebiete anlangt, in denen noch deutliche Bewegungen durch unsere Sinne wahrgenommen werden, so nimmt dieselbe keineswegs mit der Stärke eines Erdbebens in gleichem Verhältnis zu, sondern wir kennen Beben, bei denen auf kleinem Gebiete alles umgeworfen wurde, während ihre Ausdehnung nur eine geringe war. Andererseits haben schwache Beben eine sehr große Verbreitung erlangen können.

Die Verbreitung eines Bebens vom Stoßcentrum aus an der Erdoberfläche ist in hohem Grade abhängig von der mehr oder weniger tiefen Lage dieses als Hypocentrum *H* bezeichneten Punktes in der Erde. Nehmen wir an, daß unsere Erde eine vollkommene Kugel wäre (Fig. 1) und aus gleichmäßigem Material bestände, so würden sich die Stoßwellen eines Erdbebens, falls sein Erschütterungsmittelpunkt mit dem Mittelpunkte der Kugel *HC* zusammenfiele, gleichmäßig radial nach allen Richtungen hin ausbreiten und mit gleicher Stärke sowie zu gleicher Zeit an jedem Punkte der Erdoberfläche *(a b c d e f g h* usw.*)* eintreffen.

Nur wenig verschieden würden die Erscheinungen sein, wenn sich das Hypocentrum *H* nur in geringer Entfernung vom Erdmittelpunkte *C* befände (Fig. 2). Der Stoßstrahl *Hb* brauchte sich in diesem Falle nur um den geringen Betrag von 1—2 fortzupflanzen, um den großen Betrag der scheinbaren Verbreitung der Erderschütterung an der Erdoberfläche von *a* bis *b* zurückzulegen. Nachdem also die Bewegung im Punkte *a* das Epicentrum an der Erdoberfläche zuerst und im Innern der Erde zu gleicher Zeit sowie mit gleicher Stärke den Punkt 1 erreicht hat, würde sie sich an der Oberfläche in gleichen, aufeinander folgenden Zeitabschnitten bis *b*, *c* und *d* und im Innern der Erde bis 2, 3 und 4 fortpflanzen. Da der Unterschied in der Länge des Weges, den die Stoßstrahlen von *H* bis *b*, *c* und *d* zurückzulegen haben, nicht sehr groß ist, so wird der Unterschied der Intensität der Stoßstrahlen gering, aber die Verbreitung eines solchen

Bebens mit tief liegendem Hypocentrum sehr groß sein. Die Stärke der Erschütterung nimmt jedoch im Quadrat der Entfernung vom Stoßcentrum aus ab und wird bei dem langen Wege der Stoßstrahlen *Ha, Hb, Hc* sich bedeutend abschwächen.

Anders gestalten sich die Verhältnisse bei geringer Tiefenlage des Hypocentrums unter der Erdoberfläche (Fig. 3). Die Erdbebenwelle würde von *H* aus die Erdoberfläche zuerst in *a* und im Innern der Erde den Punkt 1 erreichen. Um an der Erdoberfläche die scheinbare Geschwindigkeit von *a* bis *b* zu erlangen, muß die Stoß-

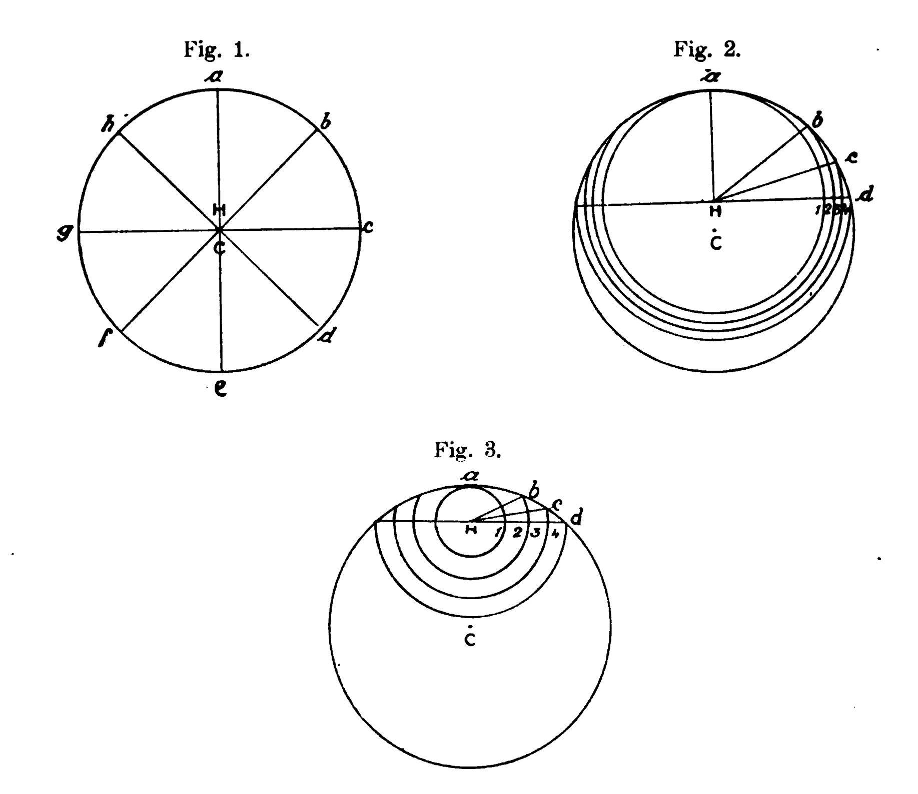


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

welle *Hb* sich durch die verhältnismäßig große Strecke von 1 bis 2 fortpflanzen. Bei dem großen Längenunterschied der Stoßwellen *Ha, Hb, Hc* und *Hd* wird auch die Abschwächung der Bewegung mit der Länge des Weges bedeutend zunehmen und die Ausbreitung des Bebens an der Erdoberfläche demnach bedeutend geringer sein als bei sehr tief gelegenem Hypocentrum.

Das sehr starke Erdbeben von Ischia im Jahre 1883 wurde nur auf der Insel selbst, aber nicht auf dem Festlande wahrgenommen.

In Phokis blieb die Erschütterung im Jahre 1870 trotz der gewaltigen Katastrophen auf ein Gebiet von 2500 Quadratmeilen beschränkt.

Dagegen hatte das Erdbeben von Belluno im Jahre 1873, bei dem wirkliche Beschädigungen auf den Raum von einer Quadratmeile beschränkt blieben, ein großes Schüttergebiet von 45000 Quadratmeilen.

Zuweilen erreicht das Schüttergebiet eine ganz außerordentliche Ausdehnung. Das Erdbeben von Lissabon im Jahre 1755 erstreckte sich von der Nordküste Afrikas bis nach Skandinavien über eine Fläche von etwa 300000 Quadratmeilen, wenn man dabei von der großen Flutwelle, die den ganzen Atlantischen Ozean überschritt, absieht.

Als im Jahre 1897 durch das heftige Beben am unteren Brahmaputra auf einem Flächenraume von 388000 qkm alle steinernen Gebäude mehr oder weniger stark beschädigt wurden, verbreiteten sich die Erschütterungen über eine Fläche von 4532000 qkm, d. h. über eine Fläche fast so groß wie das europäische Rußland (4889062 qkm).

Eine gewaltige Längserstreckung zeigten die Erdbeben im südöstlichen Mittelmeer vom Jahre 1836 und 1870, deren Erschütterungen sich zwischen Aden am Roten Meere über Griechenland und Kleinasien bis zu den Gestaden des Adriatischen Meeres ausbreiteten.

Das Erdbeben von Charleston in Südcarolina vom Jahre 1886 wurde in Nordamerika bis über den Mississippi hinaus auf einer Fläche von 5 Millionen Quadratkilometer wahrgenommen.

Je nach der Stärke der Beschädigungen an Gebäuden und sonstigen Gegenständen hat man nach der Forel-Rossischen Skala 10 verschiedene Intensitätsgrade unterschieden. Im Epicentrum werden stets die stärksten Wirkungen eintreten und von hier nach außen hin sich abschwächen. Verbindet man die Punkte miteinander, die einen gleichen Erschütterungsgrad zeigen, so erhält man Linien, welche als Isoseisten bezeichnet werden und auf einer Karte die Größe und Form des Erschütterungsgebietes angeben.

Nach der Form des erschütterten Gebietes unterscheidet man centrale, lineare oder einachsige und mehrachsige Beben. Die Ausbreitung der Erdbebenwellen und die dadurch bedingte Form des Erschütterungebietes an der Erdoberfläche ist in hohem Grade abhängig von der Zusammensetzung und Struktur der Massen- und Schichtgesteine, namentlich aber auch von ihrem geologischen Bau, von der Erstreckung der Faltengebirge und dem Auftreten von Spalten und Ver-

werfungen. Die Längsbeben folgen der Streichungsrichtung der Kettengebirge, die Querbeben durchkreuzen dieselben auf vorhandenen Spalten.

Fragen wir nun nach dem eigentlichen Wesen d. h. nach den Entstehungsursachen der Erdbeben, so sehen wir, daß die Ansichten darüber mit der fortschreitenden Erkenntnis des Aufbaues unserer Erdrinde mannigfache Wandlungen erfahren haben. Alexander von Humboldt und mit ihm Leopold von Buch führten das Auftreten der Erdbeben und die Entstehung der Vulkane und Faltengebirge auf eine einheitliche Ursache, auf die Reaktion des mit elastischen Flüssigkeiten beladenen glutflüssigen Erdinnern gegen die starre Erdkruste zurück. Durch das senkrechte Empordringen glutflüssiger Gesteinsmassen sollen die darüberliegenden sedimentären Schichtgesteine zu beiden Seiten in der Form symmetrisch gebauter Faltengebirge aufgewölbt worden sein. Wo die flüssigen Lavamassen bis zur Erdoberfläche emporstiegen und die in ihr eingeschlossenen Gase und Dämpfe entweichen konnten, bildeten sich die Vulkankegel, während dort, wo ihnen der Ausweg versperrt wurde, ihre Stöße die Erdrinde erschütterten. Diese so überzeugend erscheinende Theorie, die Erdbeben, Vulkane und Gebirgsbildung in den engsten ursächlichen Zusammenhang brachte, wurde längere Zeit hindurch ganz allgemein angenommen.

Erst das sorgfältige Studium des inneren Baues der Kettengebirge, namentlich der Umstand, daß viele eines inneren, aus Eruptiv-Gesteinen bestehenden Kernes entbehren und keine streng symmetrische Anordnung der Schichten auf beiden Seiten besitzen, führte zu einer vom Vulkanismus unabhängigen Theorie der Gebirgsbildung. Unter der Annahme, daß unsere Erde ehemals eine glutflüssige Kugel bildete, die durch allmähliche Abkühlung sich mit einer festen Kruste umgab, können wir folgern, daß der innere Erdkern durch Ausstrahlung seiner Wärme in den kalten Weltenraum sich fortwährend weiter abkühlt und sich dabei zusammenzieht. Die äußere starre Erdrinde wird daher für den inneren Kern zu weit, und da sie infolge der Schwerkraft bestrebt ist, sich dem Kerne anzuschmiegen, so entsteht in ihr eine starke Spannung, die sowohl durch Faltenbildung als auch durch Entstehung von Spalten und dabei auftretendem Absinken von Erdschollen zur Auslösung kommt. Bei diesem sich langsam und stetig vollziehenden Prozesse müssen Erschütterungen der Erdrinde eintreten, und das glutflüssige Magma kann auf tiefgreifenden Spalten beim Absinken von Erdschollen herausgepreßt werden und die Entstehung von Vulkanen veranlassen. Nach dieser Theorie werden demnach Vulkane und Erdbeben als Begleiterscheinungen der fortschreitenden Gebirgsbildung angesehen. Obwohl in neuerer Zeit noch andere Theorien der Gebirgsbildung aufgestellt worden sind, so hat doch

die auf der Abkühlung und Zusammenziehung des inneren Erdkernes beruhende Schrumpfungstheorie entschieden die meisten Anhänger gefunden.

Wenn auch die fortschreitende Gebirgsbildung als die allgemeine Ursache der meisten Erdbeben angesehen werden kann, so hat doch die Wissenschaft die Aufgabe, die besonderen Ursachen jedes einzelnen Bebens aus den Erscheinungsformen und aus dem geologischen Bau des Gebietes abzuleiten. Man hat drei verschiedene Arten von Erdbeben unterschieden: die Einsturzbeben, die vulkanischen Beben und die tektonischen oder Dislokationsbeben.

Bei den Einsturzbeben handelt es sich um Erderschütterungen, die dadurch entstehen, daß sich die oberen Gesteins- und Erdschichten in unterirdische, meist durch Auswaschung gebildete Hohlräume hinabsenken. Die im Innern der Erde zirkulierenden Gewässer können z. T. durch mechanische Erosion, z. T. durch chemische Auflösung in Salzablagerungen, Gipsen und Kalksteinen mehr oder weniger große Hohlräume schaffen, die entweder als Höhlen erhalten bleiben oder, wenn das Deckgebirge sich nicht trägt, zu Einstürzen Veranlassung geben. Die dadurch hervorgerufenen Beben sind im allgemeinen auf ein eng begrenztes Gebiet beschränkt und haben, da ihr Erschütterungsherd sich gewöhnlich nicht in allzu großer Tiefe unter der Erdoberfläche befindet, meist keine sehr weite Ausdehnung. Man hat für diese Art von Erdbeben auch die Bezeichnung „Auswaschungsbeben" in Vorschlag gebracht. Typische Beispiele für derartige Einsturzbeben bietet das höhlenreiche Karstgebiet mit seinen trichterartigen, auf Erdfälle zurückzuführenden Einsenkungen.

Als vulkanische Beben werden diejenigen bezeichnet, die auf einen erloschenen oder tätigen Vulkan bezogen werden können und deren Erschütterungsherd meist in der Achse des Vulkans gelegen ist. Sie haben gewöhnlich nur eine geringe, auf die nähere Umgebung des Vulkans beschränkte Verbreitung und ihr Schüttergebiet ist ein zentrales. Da sie meist den vulkanischen Eruptionen vorausgehen, so muß man annehmen, daß plötzliche, starke Dampfentwicklungen im unterirdischen Lavaraume der Vulkane ihre Entstehung veranlassen. Die meisten größeren Ausbrüche des Vesuvs wurden durch solche vulkanische Beben eingeleitet, die die Ortschaften im nächsten Umkreise erschütterten. Auch vor dem ersten, in historischer Zeit bekannten Ausbruche vom Jahre 79 nach Christi Geburt, bei dem die Städte Herculanum, Pompeji und Stabiae durch Asche verschüttet wurden, hatte im Jahre 64 n. Chr. ein Erdbeben in Pompeji und Umgegend stattgefunden, dessen Spuren man noch heute an den wieder ausgegrabenen Häusern, an denen die

Risse und Sprünge zum Teil durch Mörtel verklebt sind, beobachten kann.

Zur Gruppe der vulkanischen Beben hat man auch die beiden gewaltigen Katastrophenbeben gerechnet, die im Jahre 1881 und 1883 die Insel Ischia heimsuchten und ganz auf diese Insel beschränkt blieben. Während im Jahre 1881 von Casamicciola nur ein Viertel der Häuser zerstört wurde, sank der ganze Ort im Jahre 1883 in Trümmer. Man hat nachgewiesen, daß die Insel von zwei sich kreuzenden Spalten durchzogen wird, an deren Schnittpunkte der Ort Casamicciola gelegen ist. Hier im Oberflächenmittelpunkte dieses Erdbebens fanden die heftigsten Wirkungen statt. Der Umstand, daß die ganze Insel aus Laven und Tuffen besteht und daß dort mehrmals in historischer Zeit, zuletzt im Jahre 1302, Lavaausbrüche stattgefunden haben, ferner daß die Erdstöße hier ganz plötzlich auftraten und eine ganz enge räumliche Begrenzung hatten, spricht dafür, daß es sich um vulkanische, sogenannte „Explosionsbeben", handelt, die durch gespannte, aus der Lava entweichende Dämpfe verursacht wurden. Einen weiteren Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht bieten die Beobachtungen, daß sich das Wasser der Quellen erhitzte, daß eine Fumarole (Dampfquelle) sich neu belebte und daß der Boden stellenweise sehr heiß wurde.

Es mag hier hervorgehoben werden, daß einige Forscher in neuerer Zeit, zurückgreifend auf die älteren Humboldtschen Ansichten, den vulkanischen Kräften des glühendflüssigen Erdinnern eine größere Bedeutung für die Entstehung der Erdbeben im allgemeinen beimessen. Perrey und nach ihm Falb hatten die Hypothese vertreten, daß ebenso wie durch die Anziehung der Sonne und des Mondes auf die großen Wassermassen der Erde zwei entgegengesetzt liegende Flutwellen sich bilden, die gleiche Erscheinung auch bei dem feuerflüssigen Erdinnern unter einer dünnen elastischen Erdrinde eintreten müßte. Falb hat die von ihm angenommenen großen Springfluten des Erdinnern als Ursache der Erdbeben angenommen und ihren Eintritt berechnen wollen. Aber seine Berechnungen erwiesen sich als völlig unzutreffend und die ganze Hypothese als unhaltbar, da die meisten auf verschiedenartige Weise berechneten Tiefen der Erdbebenherde nicht so große Tiefen ergaben, daß der Entstehungsort der Beben an die Grenze der festen Erdrinde und des flüssigen Erdinnern verlegt werden konnte. Sind auch die Unterlagen für die Berechnung der mittleren Tiefe eines Erdbebens sehr unzureichend, so gewähren die älteren Angaben doch wenigstens einen ungefähren Anhalt und scheinen nach meiner Überzeugung der Wahrheit näher zu kommen als die neuerdings durch andere Methoden gefundenen Herdtiefen von August Schmidt in Stuttgart, der die Tiefe

des Bebens von Charleston vom Jahre 1886 zwischen 107—120 km berechnete, während Dutton für dieses Beben eine Tiefe von 13—19 km fand.

Die Entstehung von Erdbeben bei der Bildung von Lakkolithen kann allerdings nicht in Abrede gestellt werden. Unter Lakkolithen versteht man kuppelförmige Eruptivgesteine, die ehemals bei ihrem Empordringen als glühendflüssige Massen die Erdoberfläche nicht erreichten, sondern in größerer Tiefe in den Schichtgesteinen stecken blieben und die darüber liegenden Schichten kuppelartig aufwölbten. Durch spätere Abtragung der oberen Schichten sind diese Lakkolithen in einigen Fällen freigelegt worden, so daß man ihren Bau erkennen konnte. Nehmen wir an, daß diese Lakkolithbildung im Innern der Erdrinde noch gegenwärtig vor sich geht, so können durch dieselbe Erdbeben veranlaßt werden, immer aber handelt es sich dabei wohl um tektonische Vorgänge, um das Aufreißen von Spalten, die dem glühendflüssigen Magma das Aufsteigen ermöglichen.

Die dritte Art der Erdbeben, die tektonischen oder Dislokationsbeben, stehen im innigsten Zusammenhange mit der Gebirgsbildung. Ihnen gehört die große Masse der weitausgedehnten starken Erdbeben an, die schon durch die Form ihrer oberflächlichen Verbreitung als mehr oder weniger ausgesprochene Longitudinalbeben ihre Abhängigkeit vom Gebirgsbau zu erkennen geben. Infolge des Zusammenschrumpfens der Erdrinde werden hohe Kettengebirge emporgefaltet und es entstehen lange Spalten, längs deren sich die Erdschollen verschieben. Überall wo an Bruchlinien Teile der Erdrinde in die Tiefe abgesunken sind, bestehen Spannungen in den Schichtenkomplexen, die bei ihrer Auslösung Erderschütterungen hervorrufen müssen. Die tektonischen Beben zeichnen sich zuweilen durch eine lange Dauer sowie dadurch aus, daß ihr Epicentrum sich in der Längserstreckung verschiebt. Außerdem liegt es in der Natur dieser Beben, daß die Erschütterung oft auf einer langen Linie gleichzeitig stattfindet, wie bei dem Erdbeben im Pendjab im Jahre 1878, wo sich der Stoß auf einer 370 km langen Linie gleichzeitig äußerte, und daß lange Spalten aufreißen, längs deren entweder ein Absinken oder eine seitliche Verschiebung der Gebirgsschollen stattfindet.

Die Beziehungen der Erdbeben zum geologischen Bau des erschütterten Gebietes sind in vielen Fällen unverkennbar. Ein klassisches Beispiel bilden die Erdbeben in Niederösterreich, die, wie Eduard Sueß zuerst erkannte, an bestimmte tektonische Linien gebunden sind und stets auf diesen wiederkehren. Hier konnten drei wichtige Bebenlinien unterschieden werden. Einmal die Thermenlinie, die sich südlich von Wien

bis zum Rosaliengebirge bei Wiener Neustadt erstreckt und einem Querbruche entspricht, an dem die Kalkalpen östlich dieser Linie in die Tiefe abgesunken sind. Die Thermallinie wird von Wiener Neustadt aus durch eine Bruchlinie fortgesetzt, die in südwestlicher Richtung dem Mürztale nach Leoben zu folgt und als Mürzlinie bezeichnet worden ist. Ebenso setzt sich von Wiener Neustadt aus eine dritte Bruchlinie in nordwestlicher Richtung über die Donau bis in die Böhmische Masse hinein fort, die sogenannte Kamplinie. Am Schnittpunkt dieser Linien liegt bei Wiener Neustadt der Brennpunkt der seismischen Tätigkeit.

In überzeugender Klarheit erwies sich als ein echt tektonisches Beben das große mitteljapanische Erdbeben vom 20. Oktober 1891, das von dem japanischen Geologen Kotô eine ausgezeichnete Bearbeitung erfahren hat. Hierbei bildete sich eine 112 km lange Spalte in nordwestlicher Richtung, und das Land sank nordöstlich von dieser Verwerfung bis zu 6 m ab, während es sich an einer Stelle, bei Midori, hob. Außerdem traten seitliche Verschiebungen von 1—4 m nach Nordwesten zu auf. Das Schüttergebiet bildet einen bandartigen Streifen von nur 10 km Breite.

Großartige, nur auf tektonische Ursachen zurückzuführende Wirkungen veranlaßten das gewaltige indische Beben am unteren Brahmaputra vom 12. Juni 1897. Bei diesem entstand zwischen Dirma und Dektu eine 20 km lange Spalte parallel zu einem dort vorhandenen Flusse, und es bildete sich eine Verwerfung von 2—3 m Sprunghöhe, so daß in dem vorher ebenen Gebiete plötzlich eine Terrainstufe erschien, die große Wassertümpel abdämmte, Wasserfälle entstehen ließ und Straßen sowie eine Eisenbahnstrecke mit den Geleisen verbog. Bei der nach dem Erdbeben ausgeführten trigonometrischen Vermessung ergab sich, daß die Höhe einzelner Stationen um 4—8 m sich verändert hatte. Auch bedeutende Horizontalverschiebungen von 2—4 m Länge konnten durch die Vermessung nachgewiesen werden und gaben sich außerdem dadurch zu erkennen, daß die Eisenbahnschienen auf dem Bahnhofe in Rangapara in horizontaler Richtung verbogen waren.

Zum Schluß wenden wir uns noch den beiden jüngsten gewaltigen Erdbebenkatastrophen von San Francisco und Valparaiso zu, da dieselben ebenfalls ausgezeichnete Beispiele von tektonischen Beben darbieten.

Die Westküste von Amerika und namentlich von Südamerika ist sehr reich bedacht mit Erdbeben. Aber auch auf den Großen und Kleinen Antillen und der Nordküste von Südamerika, die das Einbruchsbecken der Karibischen See umschließen, sind Erdbeben sehr häufige Erscheinungen. Ebenso finden sich verschiedene Schüttergebiete an der

Westküste Nordamerikas zwischen Neu-Fundland und Florida sowie im Gebiete des mittleren Mississippi.

Die Ostküste des Stillen Ozeans ist in Kalifornien von der Küstenkordillere oder Coast Range begrenzt, einem steilen, aus mehreren Parallelketten gebildeten Gebirgswalle, der in 3000 km langem, geschlossenem Zuge die einförmige Küste bildet und nur durch das Goldene Tor bei San Francisco und die sich nordöstlich anschließende Pablo- und Suisun-Bai eine bedeutsame Unterbrechung erfährt. Die Küstenkordillere erstreckt sich von SSO nach NNW und wird von gleichgerichteten Längstälern durchzogen. Westlich schließt sich an das Küstengebirge die breite vom Sacramento und Joaquin-Flusse durchströmte Talebene an, die nach Osten von der steil abstürzenden Sierra Nevada begrenzt wird. Diese sowohl, als auch die Küstenkette sind jugendliche Faltengebirge der Tertiärzeit, die durch große parallele Längsbrüche und das Einsinken der zwischen ihnen liegenden Gebirgsscholle getrennt wurden. Ebenso stellen auch die Längstäler der Küstenkordillere an Längsbrüchen entstandene Grabenversenkungen dar, während die Meerenge des Goldenen Tores mit einer Tiefe von 120 m und die Suisun-Bai einem Querbruche entsprechen, durch den die Stadt San Francisco ihren großartigen Naturhafen erhalten hat.

Das Schüttergebiet von San Francisco gehört der kalifornisch-oregonischen Schütterprovinz an, die bei den zahlreichen Erdbeben dieser Gegend entweder in ihrer ganzen Ausdehnung oder nur in einzelnen Teilen erschüttert zu werden pflegt. Die Hauptachse des Schüttergebietes fällt mit der Längserstreckung der Küstenkette und der Sierra Nevada zusammen, und die meisten Erdbeben pflanzen sich nicht in diese hinein fort, sondern werden durch den großen Längsbruch am Westabhange des Gebirges abgeschnitten. Gerade das Gebiet von San Francisco bildet einen Knotenpunkt zahlreicher Erderschütterungen, weil hier die in der Längsachse des Gebirges liegenden Störungen von Querbrüchen durchsetzt werden. Mit diesen Querbrüchen steht auch die nordöstliche Verbreitung einiger Beben bis in die niedrigeren nördlichen Teile der Sierra Nevada im Zusammenhang.

Im vorigen Jahrhundert sind bis zum Jahre 1888 am Goldenen Tore 417 Beben beobachtet worden und das Stadtgebiet von San Francisco wurde in den Jahren 1861, 1865 und 1868 ziemlich stark erschüttert. Aber alle die früheren Beben erreichten nicht die furchtbare Heftigkeit des jüngsten Katastrophenbebens vom 18. April 1906, welches in drei Minuten den größten Teil der Stadt San Francisco verwüstete und auf eine Länge von 300 km mit großer Heftigkeit auftrat. Durch die genauen Untersuchungen des Geologen Lawson ist jetzt fest-

gestellt worden, daß sich ein auf 145 km zu verfolgendes, der Küstenkette paralleles Spalten-System bildete und daß längs desselben Verwerfungen sowie seitliche Verschiebungen bis zu 6 m Länge eintraten, wie dies namentlich an verschobenen Zäunen deutlich sichtbar wurde.

Schon aus früheren Erdbebenbeobachtungen in der kalifornisch-oregonischen Schütterprovinz läßt sich der Schluß ableiten, daß sich hier die verschiedenen einzelnen Schüttergebiete gegenseitig beeinflussen. Man bezeichnet die Erdbeben, bei denen durch die Erschütterungen in einem benachbarten Erdbebengebiete vorhandene Spannungen ausgelöst werden, als Relaisbeben. Solche Beziehungen zwischen zwei Erdbebengebieten sind auch in anderen Gegenden mehrfach beobachtet worden.

Die Untersuchungen über das jüngste gewaltige Katastrophenbeben in Mittel-Chile vom 16. August 1906 sind noch nicht abgeschlossen, doch läßt sich aus den bisher vorliegenden vorläufigen Mitteilungen bereits der Schluß ziehen, daß auch hier ein tektonisches Erdbeben vorliegt. Das Gebiet umfangreicher Zerstörungen besitzt in der nördlichen Hälfte des Schüttergebietes von der Küste aus in östlicher Richtung eine Maximalbreite von 75 km und eine Länge von über 400 km. Innerhalb dieser Hauptschütterzone, die demnach in den Bereich der Küstenkordillere und der zentralen Längsebene von Mittel-Chile fällt, lassen sich zwei parallele Hauptachsen größter Zerstörung erkennen, von denen die eine in 160 km Länge der Küste in der Richtung von SSW nach NNO folgt, während die andere östlich von der ersteren in einem Abstande von 25—30 km verläuft. Es scheint sich daher um ein von diesen Herdlinien ausgehendes lineares Beben zu handeln.

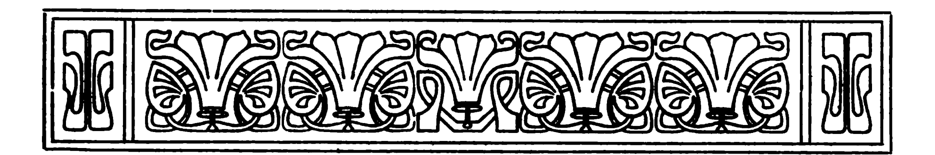
Durch dieses gewaltige Erdbeben wurde die zweitgrößte Stadt Chiles, Valparaiso, zum großen Teil zerstört, und viele Ortschaften an der Küste und in den fruchtbaren Tälern Mittel-Chiles sind durch dasselbe verwüstet worden. In Santiago hatten die beiden hauptsächlich zerstörenden Hauptbeben eine Dauer von 4 Minuten 50 Sekunden und von 20 Sekunden; es folgten dann schwächere Nachbeben.

Sehr bemerkenswert waren die Zerstörungen in den verschiedenen Teilen der Stadt Valparaiso, weil sie die Abhängigkeit von dem geologischen Bau aufs deutlichste zeigten. Die Stadt liegt in einer nach Norden offenen Bucht. Sie erstreckt sich von der Küste aus über eine Plattform und zieht sich von dort auf den sanft geneigten, aus stark zersetzten dioritischen Gesteinen bestehenden Abhängen der Küstenkordillere hinauf. Die Plattform stellt die Oberfläche des Aufschüttungskegels der zahlreichen kleinen Flüßchen und Bäche dar, die das Gebirge durchschneiden, und besteht aus grobem Sande, der bis zu 20 m Mächtigkeit dem Felsgrunde aufgelagert ist. Die Oberfläche dieses Schwemmkegels,

die sich nach Osten und Westen zu allmählich verschmälert, hat in der Mitte, wo der schöne Stadtteil „El Almendral" gelegen ist, eine größte Breite von 1200 m. Während nun dieser ganze, auf dem lockeren Sandboden gelegene Stadtteil total zerstört worden ist, haben sich die festeren, auf dem Felsgrund der Umgebung gebauten Häuser meist gut gehalten und sind oft nur von unbedeutenden Rissen durchzogen. Es ist eine bei Erdbeben sehr häufig beobachtete Erscheinung, daß sich die Erschütterungen in festen Gesteinsmassen gleichförmig und weithin fortpflanzen und dabei weniger starke Zerstörungen an Gebäuden verursachen. Wenn dagegen dünne Decken von lockerem Gestein, von Sand oder Felsschutt dem festen Felsgrunde auflagern, so geraten die losen Massen selbst bei geringem Erzittern des Felsgrundes in eine förmlich springende Bewegung, als ob sie geprellt würden. Es wächst dabei die Heftigkeit der Erschütterung mit der Lockerheit des Zusammenhanges der Teilchen, so daß naturgemäß die auf solchem Boden stehenden Gebäude umgeworfen werden müssen.

Die furchtbaren Katastrophen des vorigen Jahres in San Francisco und Valparaiso zeigen uns aufs neue, welche ungeheuren Kräfte unsere alternde Erde noch besitzt und wie sie fort und fort bestrebt ist, die in ihrer Rinde vorhandenen Spannungen durch Aufreißen von Spalten und Schollenbewegungen auszugleichen. Blühende Städte sinken dabei in wenigen Minuten in Trümmer und Tausende von Menschen gehen zugrunde oder verlieren all ihr Hab und Gut. Der geologische Bau der Gegend von San Francisco und Valparaiso hat uns gezeigt, daß die Gebiete sehr gefährdete Schütterprovinzen an der Westküste Amerikas bilden, in denen sich heftige Erdbeben mit großer Wahrscheinlichkeit wiederholen können. Trotzdem ist die Lage der beiden Städte eine so hervorragend günstige und die Liebe der Bewohner zu ihrer heimatlichen Scholle eine so große, daß voraussichtlich in kurzer Zeit diese Städte sich in neuer Pracht aus den Ruinen erheben werden. Die Erdbeben sind bis jetzt für den Menschen nicht vorauszusehende oder zu berechnende Erscheinungen. Möge ein gütiges Geschick die beiden Städte in absehbarer Zeit vor ähnlichem Unglück bewahren!





Eine Fahrt zu den Lappen.*)

Von **Dr. O. Stutzer** in Freiberg i. S.

Anfang August verließ ich Stockholm und fuhr mit dem Lappland-Schnellzuge nach Norden, nach Kiruna. Dieser nördlich des Polarkreises gelegene Ort hat noch keine lange Geschichte hinter sich. Vor 20 Jahren wohnte hier noch keine Menschenseele, — und heute zählt der Ort bereits 8000 Einwohner. Elektrische Bahnen durchlaufen die Straßen, und zweimal in der Woche kann man mit einem gut eingerichteten Schnellzuge in 36 Stunden nach Stockholm, der schönen schwedischen Landeshauptstadt fahren.

Die Gründung von Kiruna erfolgte gleichzeitig mit der Gründung des dortigen Bergbaues. Gleich im Südwesten der Stadt erhebt sich der gewaltige Erzberg, der Kürunavaara, dessen langgestreckter Kamm aus reinem Eisenerz (Magnetit) besteht. Kein Baum, kein Strauch, ja nicht einmal ein Grashalm wächst auf diesem „Schwarzerz" („Svartmalm"), — höchstens findet man hier und da eine kleine gelbgrüne Flechte, die selbst mit der geringsten Nahrung zufrieden ist. Allen Schutt und alle Verwitterungsprodukte haben gewaltige, von Süden kommende Gletscher in der Diluvialzeit von hier fortgeschafft, und das jungfräuliche, unzersetzte Erz herauspräpariert. Mit staunendem Auge kann heute der Naturfreund diese kolossalen Erzmassen betrachten, deren Entstehungsgeschichte noch nicht aufgeklärt ist, und wohl jahrelang noch die Geologen beschäftigen wird.

Die Masse dieses Erzes ist bis zu einer Tiefe von 300 m unter der Ebene auf 500 bis 750 Millionen Tonnen (à 1000 kg) berechnet (nach Vogt). Einen Begriff von dem Werte dieser Massen kann man sich machen, wenn man seinen Eisengehalt bestimmt und mit dem Metallgehalte anderer Eisenerzvorkommen vergleicht. So enthält die Lothringer Minette an

*) Zur Ergänzung der eigenen Beobachtungen über die Lappen wurde das treffliche Buch von Düben „Om Lapparne och Lappland" benutzt.

metallischem Eisen 35—40%; das Kiruna-Erz aber besitzt 62—65% Eisen. Da zu dem durch mehr als 60000 magnetometrische Beobachtungen unwiderleglich bewiesen ist, daß das Erz in 1000 m Tiefe noch vorhanden sein muß, so kann man sich eine Vorstellung von dem großen Werte dieses Berges machen.

Die Förderung ist die denkbar einfachste. Wir finden keine Schächte und Stollen, in denen der Bergmann mühsam sein Erz gewinnt. In großen Tagebauen wird der Magnetit mit Dynamit gesprengt. Dreimal am Tage erfolgen diese Sprengungen, bei deren Getöse die Fenster von ganz Kiruna erklirren. Das losgesprengte Erz laden dann kräftige Arbeiter in kleine Wagen und lassen diese zu 3 oder 5 vereint eine schiefe Ebene, einen sogenannten „Bremsberg" hinabrollen, während durch die Kraft der hinabsausenden Erzwagen leichtere, leere Wagen von selbst hinaufgezogen werden. Diese beladet man dann von neuem mit Erz. Am Fuße des Berges kippt man den Inhalt der kleinen Wagen einfach in bereit stehende Eisenbahnwagen. In diesen gelangt das Erz zur Küste (Narvik), wird hier in Schiffe verladen und ins Ausland transportiert.

Die erfreulichen Begleiterscheinungen dieses großartigen Bergbauunternehmens waren zunächst die Gründung von Kiruna und die Erbauung der Lappland-Eisenbahn, sodann aaer auch die Kultivierung und Aufschließung Lapplands. Durch die Bahn wurden erst die weiten, interessanten Gebiete des schwedischen Nordens Touristen und Naturforschern zugänglich.

In Kiruna verweilte ich mehrere Wochen und durchstreifte auf größeren und kleineren Ausflügen die ganze Umgegend. Vertreter der eigentlichen Urbewohner des Landes, der Lappen, sah man in Kiruna höchst selten. Nur ab und zu kam einer dieser Leute in den Ort und kaufte einige Lebensmittel, meist Kaffee und Zucker, um dann sofort wieder zu verschwinden.

Die Lappen sind Nomaden. Sie wandern von Nord nach Süd und von Süd nach Nord. Im Winter ziehen sie nach Norden in die Ebene, im Sommer nach Süden auf die Berge. Sie folgen hierbei immer ihren Renntierherden, ihrem einzigen und größten Reichtume. Dieses Wandern ist bei den Renntieren eine Gewohnheit. Sie wandern, um neue Weide und neue Nahrung zu finden, und sie wandern nicht zum wenigsten, um den massenhaften Mücken im Sommer zu entgehen; denn die Mücken sind die Hauptplage Lapplands. In den unzähligen Sümpfen und Mooren, in den feuchten Waldungen und an den zahllosen Seen und Flüssen führen diese Plagegeister ein stilles Winterleben und kommen bei dem ersten warmen Sommerwetter zu

Milliarden plötzlich hervor. Kein Warmblütler ist dann vor ihnen sicher, denn in großer Gier umfliegen sie wie Wolken Mensch und Tier. Die Hauptmückenzeit war Mitte August schon vorüber. Trotzdem lernte ich diese Plage noch zur Genüge kennen. Auf meinen Wanderungen hatte ich anfangs stets ein großes Moskitonetz mit, und zu Hause fand ich zwischen meinen Notizbuchblättern zahllose schön gepreßte Mückenleiber, die ich mir mit einer gewissen Schadenfreude sorgsam betrachtete. Vor diesen Mücken gibt es eben kein Entkommen. Stillschweigend und ergeben muß man sich an die Mückenstiche gewöhnen und den ersten Frost abwarten, nach dem die ganze Mückenschar ebenso plötzlich, wie sie erschienen ist, wieder verschwindet. Die Lappen wehren sich gegen diese Tiere durch Qualm und Rauch. Die Renntiere aber sind den Mücken, besonders in der Ebene, unbarmherzig verfallen. Wie wahnsinnig sieht man sie dann daherstürmen, um durch etwas Gegenwind sich diese unbeliebten Tiere vom Körper zu halten.

Auf einer viertägigen Exkursion, die ich landeinwärts in südlicher Richtung machte, hatte ich gute Gelegenheit, die Lappen in ihren Zelten kennen zu lernen.

Am 24. August verließ ich früh mit dem einzigen, nach Süden fahrenden Zuge Kiruna. In meiner Begleitung befand sich ein Schwede und ein Finnländer, die ich als Führer und Träger mitnahm. Beide waren als Arbeiter am Bergwerk in Kiruna beschäftigt und hatten in Eckströmsberget, dem Ziele meiner Reise, früher schon Schurfgräben und Versuchsbaue angelegt. Meine Ausrüstung bestand aus zwei wollenen Decken, einem Ölanzug und Nahrungsmitteln für vier bis fünf Tage, wie kondensierte Milch, Zucker, Kaffee, Brot, Speck, Renntierfleisch etc.

Bei Kalixfors, der ersten Station südlich Kiruna, verließen wir den Zug und setzten die Reise mit einem Boote auf dem Kalix-Elf fort. An der Bahn war uns der Fährmann entgegen gekommen, ein gutmütiger, 65 Jahre alter Finne, Anton Fjelborg mit Namen, der außer finnisch auch lappisch sprach. Sein langes, schmales Boot war beängstigend dünn, und konnten wir vier und unser Gepäck kaum darin Platz finden. Das Wetter ließ uns leider bald im Stiche. In feinen Nadeln regnete es sanft hernieder, und da mein angeblich wasserdichter Lodenanzug sich als wasserdurchlässig entpuppte, so mußte ich bald den steifen, gelben Ölanzug überziehen.

Die flachen Ufer waren dicht mit kleinen Birken und Fichten bewachsen. Außer dem Rauschen des Wassers hörte man keinen

Ton. Nur ab und zu flogen mit rauhem Gekrächze einige Wildenten über uns weg, ihren Kopf nach Entenart weit nach vorne gereckt.

Die drei Leute hatten mit Stangen und Rudern vollauf zu tun, das Boot gegen den reißenden Strom vorwärts zu bringen. Der Elf war breit, aber nicht tief. Zahllose Felsbrocken sahen aus seinen Fluten hervor, und durch die dagegen stürzenden Wogen glich der Fluß einem kochenden, brodelnden Wasser. Eine Stromschnelle folgte der anderen, und mit wunderbarer Geschicklichkeit dirigierte unser finnischer Bootsmann den Kahn zwischen diese gefährlichen Blöcke hindurch.

Der Fährmann muß in Lappland jeden einzelnen Block in solchen Stromschnellen kennen und diese Kenntnis jedes Jahr wieder erneuern, da im Winter die losen Blöcke ihre Lage ändern. Wenige Tage vor meiner Reise hatte derselbe Bootsmann an einem solchen Felsen sein Boot zerschellen lassen. Sein Fahrgast, ein schwedischer Direktor, mußte das Boot bezahlen, kam aber verhältnismäßig billig weg, mit nur 20 Kronen, da das Holz in Lappland nichts kostet und die Boote von den Leuten selbst gemacht werden. Böse Zungen berichteten mir von einem beabsichtigten Unfall, durch den der Bootsmann auf bequeme Weise zu einem neuen Boote gekommen wäre. Der Unfall passierte allerdings im ältesten Kahne des Fährmannes und kurz vor Beendigung der Rückfahrt. Die Erinnerung hieran machte mich sehr argwöhnisch, und da ich nichts von der Unterhaltung der Leute verstand, so lauerte ich auf jede ihrer Bewegungen, denn ein Freibad in den kalten Fluten des Kalix-Elfes hätte nicht zu den Annehmlichkeiten einer Lapplandreise gehört.

Indessen gelangten wir unbeschadet nach Kalasluspa, einem kleinen Orte an einem gleichnamigen See. Es wohnten hier vielleicht 20 Menschen beisammen, lauter Finnen, die vom Fischfang lebten und nebenbei etwas Weideland und Vieh hatten. In Kalasluspa wurde eine längere Rast gemacht. Meine drei Leute begaben sich in die Fischerhütten, um dort am Feuer den einsamen Bewohnern die neuesten Ereignisse der Welt zu berichten. Mich aber führte man in eine Touristenhütte, aus deren Kamin eine kleine Rauchsäule ruhig emporstieg, ein willkommenes Zeichen, daß sie nicht unbewohnt war. Als ich eintrat, fand ich eine junge Schwedin vor, die in ihrer heimischen Nationaltracht am offenen Feuer gerade Kaffee kochte. Sie konnte leider kein Deutsch, und die begonnene Unterhaltung wollte so nicht recht klappen. Indessen gewann sie schnell meine Sympathie durch einen selbstgefangenen Fisch, den sie mir vorzüglich am offenen Kaminfeuer zubereitete. Es war dies für vier Tage die letzte warme

Speise. Die einsame Schwedin war die junge Frau eines Ingenieurs. Ihr Mann war den ganzen Tag auf Jagd. Sie selbst vertrieb sich durch Rudern und Angeln in dieser stillen Gegend die Zeit.

Bald fuhren wir weiter. Die schneebedeckten Berge kamen immer näher, und als die Sonne hinter dem Hochgebirge verschwand, landeten wir nach achtstündiger Fahrt in Eckströmsberget, dem Ziel unserer Reise. Ein einstündiger Fußmarsch brachte uns vom See zum Blockhaus, das hier Ingenieure und Arbeiter errichtet hatten, als sie die ersten Aufschlußarbeiten bei dieser großen Eisenerzlagerstätte verrichteten.

Für drei Nächte richteten wir uns hier ein. Das Wetter war herrlich, besonders die farbenreichen Sonnenuntergänge entlockten einem jeden Abend Rufe des Staunens. Der Kebne Kaiße, der höchste Berg Schwedens (2135 m), war nur eine Tagereise entfernt. Er und seine Trabanten lagen klar vor uns, und scharf hoben sich die weißen schneebedeckten Kuppen dieser Eisberge von dem dunkelblauen Nordlandshimmel ab.

Den ganzen Tag über durchstreifte ich die Gegend. Meine Leute hatten nichts zu tun und saßen bei dem prachtvollsten Wetter den ganzen Tag in der Hütte, um fortwährend Kaffee zu trinken und zu schlafen. Jedesmal, wenn ich die Hütte betrat, sah ich sie mit der Kaffeetasse in der Hand, dem Nationalgetränk der Nordländer, seitdem alle Spirituosen gesetzlich verboten sind.

Am dritten Nachmittage in Eckströmsberget verlangte ich zu den Lappen geführt zu werden, von deren Anwesenheit wir erfahren hatten. Gegen 1 Uhr brachen wir bei wundervollem Sonnenschein auf, wanderten an das Ufer des Sees, setzten über und hielten zunächst Umschau nach etwaigen Rauchsäulen. Gar bald entdeckte einer meiner Begleiter im Nordwesten eine leichte Rauchwolke. Durch Wald und Moor steuerten wir darauf los und hatten nach etwa 1 Stunde die Zelte der Lappen erreicht. Unsere Ankunft wurde durch Hundegebell bekannt. Die lappischen Hunde gehören einer besonderen Rasse an. Sie sind klein, haben abstehende Ohren, einen länglichen Kopf und rotes Haar. Andere gleichen isländischen Spitzen. Der Hund wird vom Lappen als zur Familie gehörig betrachtet. Er hat das Zusammentreiben der Renntiere und die Abwehr der Wölfe zu besorgen. Jeder Erwachsene besitzt meist seinen eigenen Hund, dessen Wert etwa dem von ein bis zwei Renntieren gleichkommt.

Die Zelte, denen wir uns jetzt näherten, bestanden aus Segeltuch und waren durch Holzstangen gestützt. Umgeben waren sie meist von einem Palisadenzaun aus Birkenholz. Oben im Zelte war ein

Loch, durch das der Rauch hinaus und das Licht hinein konnte. Auf der südlichen Seite (sonst auch auf der Seite des Windschattens) befand sich eine ganz schmale Öffnung, die Tür, die durch Segeltuch verhängt war. Als wir anlangten, wurde gerade an einem der Zelte der Vorhang in die Höhe gehoben, und ein ganzes Rudel kleiner Lappenkinder stürzte ins Freie. Sie kamen aus der Schule. Hinter ihnen erschien als letzter der Lehrer, ein Lappe in europäischer Kleidung. Seinen Stammescharakter erkannte man sofort an seinem Mongolengesicht, seiner gelben Gesichtsfarbe und seinen dreieckigen Augen. Er war auf dem Lehrerseminar in Haparanda ausgebildet und reiste als wandernder Lehrer das ganze Jahr durch Lappland. Als Proben auf den Erfolg dieser Wanderschule ließ ich mir von mehreren Lappen ihre Namen in mein Notizbuch schreiben. Unter diesen nordischen Nomaden gibt es wohl weit weniger Analphabeten als unter anderen, angeblich auf einer höheren Kulturstufe stehenden Völkern. Man denke nur an die vielen Analphabeten Süditaliens.

Mittlerweile hatten sich auch andere Lappen zu uns gesellt, und bald mußten wir in eins der Zelte treten, wo zwischen meinen Begleitern und den Lappen eine rege Unterhaltung in lappischer und finnischer Sprache stattfand, der ich natürlich nicht folgen konnte. Ich besah mir unterdessen die innere Einrichtung des Zeltes. In der Mitte lag ein Haufen Steine, und zwischen diesen flackerte ein lustiges Feuer. Über dem Feuer hing eine große Kette mit einem Haken, an den im Gebrauchsfalle ein Kessel gehängt wurde. Die Leute saßen alle rings im Kreise an der Innenseite des Zeltes auf Renntierfellen, die gleichzeitig als Sitz und als Bett dienten. Unter den Fellen liegt gewöhnlich noch etwas Reisig, und wenn der Lappe ganz luxuriös ist, etwas Birkenmoos. Stühle, Bettgestelle und Schränke fehlten natürlich vollkommen, denn bei seinen Wanderungen kann der Lappe nicht viel Mobiliar mit sich herumschleppen. Von Hausgerät sah man nur eine Kaffeetasse, einen Kaffeetopf, einige Knochenlöffel und eine Kiste, in der vermutlich Schmucksachen und Wertgegenstände lagen.

Die Lappen, die in dem Zelte um mich herum saßen, waren wie alle ihre Landsleute klein, zirka 1,50 m groß. Da sie sehr krumm gehen und unter den Schuhen keine Hacken tragen, sehen sie noch kleiner aus. Die jüngeren Mädchen sahen nicht unsympathisch aus, desto häßlicher aber waren die älteren Frauen, deren Gesichtsfarbe nicht gelb, wie sonst, sondern braungrau war, und unter deren Nase einzelne Borsten einen verunglückten Schnurrbart andeuteten. Die graubraune Gesichtsfarbe ist mehr eine Folge der Witterung als des

Schmutzes. Die Haarfarbe der Lappen ist dunkelbraun. Die Ohren stehen etwas vom Kopfe ab, und hochangezogene Augenbrauen verleihen dem Gesichtsausdruck einen etwas melancholischen Zug. Dicke Leute sah man nirgends, alle waren mager und dünn, aber sehr muskulös. Ein breiter Mund, dicke Lippen und gute Zähne sowie ein stets freundlicher Gesichtsausdruck ist allen diesen Nomaden eigen. Da sie sich immer in der frischen, reinen Luft aufhalten, kennen sie fast gar keine Krankheiten.

Ihre Bekleidung bestand aus Rock, Hose und Schuhe. Hemden und Strümpfe tragen die Lappen nie. Die Schuhe sind anfangs gelbbraun, werden aber durch Schmutz und Wasser sehr bald schwarz. Sie bestehen aus Renntierleder und sind vorn rund umgebogen. Im Winter tragen sie auch Pelzschuhe. Die Stelle der Strümpfe vertritt Heu, das sie sich im Sommer sammeln und von dem sie für den Winter immer einen gewissen Vorrat mit sich führen. Ein typisches Kleidungsstück ist ferner das Schuhband. Dieses wird über das obere Ende des Schuhes fest umgewickelt und verhindert das Eindringen von Wasser. Mit ganz trockenen Füßen kann man in solchen Lappenschuhen durch jeden Sumpf und Morast waten.

Die Hosen sind bei den Frauen aus Wolle, bei den Männern aus Leder. Hierüber tragen beide Geschlechter einen Rock, der bei den Frauen länger ist als bei den Männern. Der Rock besteht meist aus Renntierleder, selten aus Wolle. Auf guten Sitz wird bei dieser Kleidung nicht geachtet. Jeder Rock sah aus, als sei er eben erst einem Renntiere abgezogen worden. Diese Lederkleidung verursacht auch den merkwürdigen Geruch der Lappen. Da in dem Felle meist noch viel Fett sitzt, so erhalten alle diese Kleider ein an Bocksgeruch erinnerndes Parfüm. Unangenehm wird dieser Geruch erst bei Regenwetter. Schon in unseren Kasernen verursachen nasse, am Ofen trockende Kleider einen nicht angenehmen Dunst. Ein Lappe aber, der seine naßgewordenen Lederröcke am Feuer trocknet, riecht direkt schlecht.

Auf dem Kopfe tragen alle Lappen eine meist blaue Wollmütze, die von einem roten Püschel gekrönt wird. Um die Hüfte schnallen sie einen Leibriemen, an welchem Messer, Tabaksbeutel und Pfeife hängen. Jeder Lappe, gleichviel ob Mann oder Frau, ob Erwachsener oder Kind, trägt ein Messer. Er gebraucht dasselbe nur als Handwerkszeug, nie als Waffe. Ein solches Messer wollte ich als Andenken mitnehmen. Aber schwierig war das Feilschen um den Preis, und mein Wunsch mußte in drei Sprachen übersetzt werden. Ich teilte meine Wünsche auf schwedisch meinem schwedischen Führer

mit. Dieser übersetzte es auf finnisch, und dann gelangte es durch meinen Bootsmann, der auch lappisch sprach, an die richtige Adresse. Die Scheiden dieser Messer bestehen aus geschnitzten Renntierknochen und sind mit Renntierleder besetzt. Zum Kauf wurden mir auch Löffel angeboten, die ebenfalls aus Renntierknochen geschnitzt und mit Figuren versehen waren. Die Figuren stellten Tiere Lapplands dar: Renntiere, Elche, Bären und Wölfe. Bären sind in der ganzen Gegend noch weit verbreitet. Während meines Aufenthaltes in Lappland hatte ich zweimal Gelegenheit, mich an einer Bärenjagd zu beteiligen. Leider mußte ich es beidemal aus Mangel an Zeit abschlagen, da eine solche Jagd zum mindesten 8 Tage in Anspruch genommen hätte. Wölfe sind nur im Winter sichtbar. Nach einer mir zur Verfügung stehenden Liste wurden zwischen 1855 und 1865 in Norrbotten 257 Bären und 437 Wölfe als erlegt amtlich angemeldet. Die Wölfe werden im Winter von den Lappen mit Schneeschuhen verfolgt, und zwar solange, bis der Wolf nicht mehr weiter kann und vor Ermattung stehen bleibt. Alsdann wird er mit einer Lanze von den Lappen getötet.

Die gerühmte Gastfreundschaft der Lappen kennen zu lernen war uns auch vergönnt. Kaum waren wir im Zelt, so wurde auch schon Kaffee gekocht. Da nur eine Tasse vorhanden war, mußte jeder warten, bis der vorhergehende ausgetrunken hatte. Dann wurde die Tasse ausgespült und wieder von neuem eingeschenkt. Man bot uns auch Essen an. Zunächst holte ein Lappe gesalzene Fische,, die roh verzehrt wurden, woran ich mich aber nicht beteiligte. Dann suchte eine Lappen-Schöne in einer Ecke nach einem alten Renntierknochen, anscheinend dem letzten Überbleibsel eines Schinkens, an dem noch einige Fetzen harten Renntierfleisches hingen, die man sich abschaben mußte. Renntierfleisch ist die Hauptspeise der Lappen, und ist dieses (in getrocknetem Zustande) über ganz Schweden als Delikatesse verbreitet. Man findet es zum Smörgosbrod auf fast jedem Tisch. Wird ein Renntier geschlachtet, so hängt der Lappe das Fleisch einfach zum Trocknen auf und schleppt es dann in diesem getrockneten Zustande auf seinen Wanderungen mit sich. — Ein altes „Hartbrot“ und etwas Margarine vervollständigten unser Begrüßungsessen.

Lappen trifft man in den nördlichen Teilen von Rußland (Halbinsel Kola), Finnland, Schweden und Norwegen, gewöhnlich nördlich des 66. Grades. In Skandinavien wandern sie jedoch bis zum 63. Grad nach Süden. Man teilt sie ein in See-, Berg- und Waldlappen. Die Seelappen wohnen in der Nähe der See und leben hauptsächlich vom

Fischfang. Die „Fjäll"lappen oder Berglappen wandern jährlich von der Ebene ins Gebirge und vom Gebirge in die Ebene, während die Waldlappen sich den Sommer über mit ihren Renntierherden hauptsächlich im Walde aufhalten. Alle Lappen gehören ihrer Sprache nach zum sogenannten Altaisprachstamm, zu dem auch Turkisen, Ungarn, Samojeden und Finnen gehören. Ihre Sprache hat jedoch im Laufe der Jahrhunderte viele Fremdworte aufgenommen, und nach Geijer sind $^{1}/_{10}$ der lappischen Worte nordischen Ursprunges. Besonders bei der Bekehrung zum Christentum wurden viele nordische Worte eingeführt. Durch Sprachstudien hat man versucht, den Kulturzustand und die Lebensweise der ältesten Lappen zu entziffern. Danach hat der Hund einen echt lappischen Namen. Er ist also ein uraltes Haustier dieser Nomaden. Die Katze führt aber einen Namen schwedischer Abkunft, und es ist bekannt, daß die Katzen auch in Südeuropa erst gegen 500 nach Christo eingeführt wurden. Die Einwanderung der Lappen in Skandinavien schätzt man auf 700 bis 400 vor Christo.

Das wichtigste Haustier der Lappen ist das Renntier. Diese Tiere geben ihnen Kleidung und Nahrung. Ihre Milch trinken sie, ihr Fleisch essen sie, aus ihren Fellen machen sie sich Kleider, Schuhe und Decken. Die Knochen werden zu Messerscheiden, Löffeln, Nadeln und anderen Sachen verarbeitet. Auf Wanderungen werden die Renntiere zudem als Lasttiere benutzt und im Winter als Zugtiere für Schlitten. Da die Renntiere meist frei herumlaufen, so sah ich nur wenige. Einmal sauste ein Rudel von vielleicht 40 Stück ganz nahe an mir auf dem Eckströmsberget vorüber. Es sind plumpe, dichtbehaarte Tiere, im Sommer braungrau, im Winter weißgrau. Ihr dichtbehaartes Geweih ist stark verästelt, aber leider sehr unregelmäßig gewachsen. Abgeworfene Geweihe, von denen eine Schaufel 18, zwei andere 17 Enden hatten, was also auf 34 und 36 Ender schließen ließ, boten mir die Lappen zum Kauf an. Da ich mein Gepäck aber nicht unnötig vermehren durfte, mußte ich sie leider zurücklassen. Das Höchstalter dieser Renntiere beträgt im Durchschnitt 14—16 Jahre. Seltener kommen Tiere bis 30 Jahre und mehr vor. Da sie sich von Pflanzen nähren, so haben sie besonders im Winter keine goldenen Tage. Sie müssen sich dann mit ihren Hufen das spärliche Moos unter dem Schnee hervorkratzen. Liegt zuviel Schnee, oder ist der Boden mit einer Eisschicht bedeckt, so ist dies für die Tiere unmöglich, und viele finden in solchen ungünstigen Wintern dann den Hungertod. Solch ein schlechter Winter war 1905/06. Ich fand daher an vielen Stellen in Lappland Renntierskelette, deren Fleisch von Insekten vollkommen weggefressen

war und deren wunderbar geweißte und in Reih und Glied nebeneinander liegende Knochen jedem zoologischen Museum zur größten Zierde gereicht hätten.

Ein Abmagern der Renntiere infolge beschränkter Nahrung kann auch in sogenannten Lemmingsjahren eintreten, und ich hatte das Glück, in diesem Jahre ein kleines Lemmingsjahr mit zu erleben. Diese Nagetiere, „Fjällmuset" oder „Fjällemmeln" genannt, treten in solchen Jahren plötzlich zu Millionen auf und durchziehen wie Heuschreckenschwärme das Land. Am meisten fielen mir diese Nager bei einer Tour am Torne Träsk, dem sogenannten nordischen „Lago maggiore" auf, einem noch nördlich von Kiruna gelegenen großartigen einsamen Landsee, der rings von hohen Schneebergen umgeben ist. Als ich hier wanderte, hörte ich von allen Seiten ein Gepfeife, und beim Zusehen erkannte ich die Musikanten, lauter kleine Nagetiere von Rattengröße, die mich frech ansahen, ihre großen Nagezähne fletschten und durch ihr Gepfeife mich wohl weggraulen wollten. Ich hielt ihnen meinen Finger hin. Sie schnappten danach, und als ich ihn wieder wegzog, wackelten sie mit ihren Schnurrbart erbost hin und her und pfiffen weiter.

Renntiere werden von den Lappen auch etwas dressiert, besonders wenn man sie als Zug- und Tragtiere benutzen will. Ihre Dressur erfolgt mit Salz oder Urin. Letzteres wendet man wahrscheinlich seines Salzgehaltes wegen an. Zur Milchzeit, die höchstens 3—4 Monate dauert, werden die Renntiere mit Lassos zum Melken eingefangen. Aus der Milch wird Käse bereitet, der dann fürs ganze Jahr vorhalten muß. Die Anzahl der Renntiere bei einer Familie schwankt sehr, meist zwischen 300—700, aber selbst bis 8000, eine Herde, die 1828 der Fjäll-Lappe Per Banner besessen haben soll. Die genaue Anzahl der Renntiere wissen die Lappen natürlich selbst nicht, und wenn Renntiere von einer Herde zur andern überlaufen, so wird das meist stillschweigend übersehen.

Vergehen und Verbrechen kommen sehr selten vor. Der Lappe ist ehrlich. Das einzige Vergehen ist beinahe der Renntierdiebstahl. Renntierdiebe sind aber von allen Stammesgenossen zeitlebens ausgestoßen, und daher selbst gerichtet.

Steuern und Abgaben entrichten die Lappen in Naturprodukten, und auch Lebensmittel werden oft eingetauscht. Bleibt bei einem solchen Geschäft der Lappe dem Kaufmann etwas schuldig, so kann letzterer ganz beruhigt sein. Im nächsten Jahre, wenn der Lappe auf seiner Wanderung wieder mit dem Kaufmann zusammentrifft, bezahlt er den Rest seiner Schuld. Ein Schuldschein wird hierbei

nicht ausgeschrieben. Höchstens werden in einen Stab oben und unten eine Anzahl Kerben eingeschnitten, dann dieser Stab zerbrochen und an die Beteiligten verteilt. Für die Ehrlichkeit der Lappen und ihr Vertrauen auf die Ehrlichkeit anderer Menschen spricht auch die Einrichtung der sogenannten „Njallas“. Auf ihren Wanderungen können die Lappen nicht den ganzen Winterkram mitschleppen. Ihre Winterkleider werden daher an bestimmten Stellen deponiert, meist auf einem kleinen Gerüst aus Baumstämmen. Im Frühling treten sie dann ihre Wanderung zu den Fjällen, dem Hochgebirge an und lassen alle Wintersachen, wie Schneeschuhe, Schlitten, Kleider etc. unbewacht an einer bestimmten Stelle zurück, die sie dann im Spätherbst erst wieder aufsuchen, um sich für den kalten, sonnenlosen Winter von neuem einzurichten.

Die Frauen wurden bereits vor Einführung des Christentums von den Lappen gut behandelt. Sie heiraten zwischen 16 und 17 Jahren; die Männer dann, wenn sie ein Renntier schlachten und ein Zelt aufschlagen können. Die Paare werden meist von den Eltern zur Hochzeit bestimmt, und diese schließen vorher einen Handel über Mitgift und Ausrüstung der Braut ab. Reiche und schöne Frauen haben wie bei uns viele Bewerber. Auch Heiraten zwischen Lappenmädchen und schwedischen oder finnischen Männern kommen vor. Solche mit umgekehrtem Geschlecht sind äußerst selten. Es werden jedoch bei beiden Rassen diese gemischten Heiraten als Mesalliance angesehen.

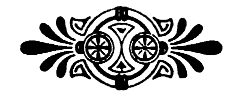
Die Kinder werden frühzeitig abgehärtet. So erzählt Laestadius, daß er einen Lappen mit seinem am Vormittage geborenen Kinde in strenger Winterkälte getroffen habe. Der Vater reiste mit dem Kinde, das in einem Tragkorb lag, 4—5 Tage, um es taufen zu lassen.

Einen solchen Tragkorb konnte ich in dem Zelte besichtigen. Ein Baby schien ihm erst vor wenigen Tagen entwachsen zu sein. Derselbe besteht aus Zweigen, die mit Fell überzogen sind. Über dem Kopfende befindet sich zum Schutze für den Kopf eine Gewölbedecke. An den beiden Enden dieser Wiege ist gewöhnlich ein Riemen befestigt, mit dem die Mutter auf ihren Wanderungen das Kind auf dem Rücken trägt. Bekleidet sind die ganz kleinen Kinder nicht, sie werden nur in Fell und Moos eingewickelt. Ist die Mutter irgendwie beschäftigt, so hängt sie den Korb mitsamt dem Kinde an einen Baum oder steckt ihn im Winter mit dem Fußende in den Schnee, so daß dann das Kind in der Wiege aufrecht steht. Sind mehrere kleine Kinder in einer Familie, so werden bei den Wanderungen gleichschwere Kinder ausgesucht und wie Gepäck auf die beiden Seiten dressierter Renntiere gehängt.

Oft können sich die Eltern um ihre kleine, schon mehr herangewachsene Nachkommenschaft nicht kümmern. Da es nun wegen der vielen Sümpfe gefährlich ist, die Kinder allein zu lassen, so werden diese einfach mit einem Fußriemen an einem Baum oder einem Stein festgebunden, so daß sie nicht verloren gehen und umkommen können.

So leben die Lappen! Ihr unruhiges Wanderleben und ihre schlechten Wohnungen müßten ihnen nach unserem Gefühle keine Lebensfreude bereiten. Dennoch aber sind sie selbstzufrieden und glücklich und fühlen sich in ihren Zelten recht behaglich. An eine ruhige, seßhafte Lebensweise würden sie sich nicht gewöhnen. Die jetzige Kultivierung von Lappland hat ihnen bereits geschadet. Wenn sie zum Winter nach Norden ziehen, müssen sie die neue Bahnlinie überschreiten, und täglich überfährt der Zug in den Herbsttagen ein oder mehrere der Renntiere. Augenblicklich plant die schwedische Regierung eine große Inlandsbahn, parallel der norwegischen Grenze. Durch ihre Erbauung würde das Nomadenleben der Lappen noch mehr eingeschränkt; und da der Lappe ein Nomade bleibt, so muß er der modernen Kultur nach Norden ausweichen und nach Finnland auswandern. In nicht zu ferner Zeit werden daher die Lappen aus Skandinavien verschwunden sein.

Von dem Besuch des Lappendorfes kehrte ich am Abend nach meiner Blockhütte am Eckströmsberget zurück und reiste am nächsten Tage bei prachtvoll blauem Nordlandshimmel wieder nach Kiruna.





Wieder eine Nova,

die aber wieder erst nachträglich aufgefunden ist, meldet das Zirkular No. 121 der Harvard-Sternwarte. Wie in Boston selbst ist auch auf der einen Filialsternwarte Pickerings, der bei Arequipa in Peru, eine ständige Aufnahme des südlichen Himmels im Gange. Dieselbe liefert Material vom gegenwärtigen Zustande des Himmels für einen Aktenschrank oder vielmehr für ein ganzes Gebäude mit Regalen zur Aufnahme aller Platten, die wieder nachgesehen werden können, wenn sich in der betr. Himmelsgegend etwas ereignet. In Peru arbeitet nur eine Porträtlinse von 1 Zoll Öffnung mit rund einstündiger Exposition. Eine Aufnahme vom 5. Dezember 1905 offenbarte einen Stern der Größe 9,72 m in $10^h\,58^m\,20^s$ Rektaszension und $53^{\circ}\,50'9$ südlicher Deklination am Nordrande der Milchstraße, da wo sie das Sternbild Vela nach der Carina zu verlassen will. Vor dem 12. Juli 1905 war dort kein Stern heller als 11,5. Größe, wie es 127 Platten, die seit 1889 von dieser Himmelsgegend aufgenommen waren, ausweisen. In dem halben Jahre zwischen Juli und Dezember 1905 war leider gerade dies Eckchen des südlichen Himmels nicht photographiert worden, so daß sich nicht angeben läßt, an welchem Tage der Lichtstrahl, der diese Weltkatastrophe uns meldete, auf Erden anlangte, und wie hell der Stern damals erschien. Er kann viel heller, ja sogar dem unbewaffneten Auge sichtbar gewesen sein, ohne daß es bemerkt wurde. Nach der ersten Platte, die ihn enthält, sind noch 13 weitere vorhanden, die eine anfangs stattfindende Schwankung der Entdeckungshelligkeit um eine Zehntelgröße auf und ab bis zum 26. März 1906, dann ein langsames allgemeines Abnehmen mit Schwankungen bis zum 13. Juni und endlich eine rapide Abnahme Ende Juni 1906 anzeigen. Eine 14. Platte vom 2. Juli zeigte den Stern bereits nicht mehr, während sie sonst Sterne 11,2. Größe enthielt. Er war unter die Schwelle der Aufnahmefähigkeit der einstündigen Belichtung mit dem kleinen Instrument gesunken. Größere Instrumente würden ihn noch zeigen, ja Pickering hofft sogar, durch lange Belichtung das Spektrum des schwachen Sternes an einem solchen noch erhalten zu können. Dieses

Spektrum muß dieselben Linien hell und dunkel zeigen, leuchtende und absorbierende Gase desselben Stoffes in Bewegung gegeneinander in dem Chaos, das der in einen Weltnebel hineinstürzende dunkle Stern erzeugt. Aber auch ohne diesen letzten untrüglichen Beweis ist es kaum zweifelhaft, daß wir einen neuen Stern und nicht einen Veränderlichen von langer Periode vor uns haben. Das zeigt der ganze Verlauf der Lichtkurve und die völlige Unsichtbarkeit durch 16 Jahre zur Genüge.

Erinnern wir uns nun, daß das Jahr 1905 bereits eine Nova brachte, die Miß Fleming in Boston im Adler entdeckte, so erkennen wir wieder, wie häufig in Wahrheit die den Raum durchfliegenden Einzelsonnen in die Netze der großen Milchstraßennebel hineingeraten mögen. Nur ein Zufall aber offenbart uns normale Fälle derart. Solche Erscheinungen wie die Nova Tychonis 1572 und die Nova Persei, die wir 1901 beobachteten, werden freilich immer Ausnahmen sein. R.



Über das Sternschwanken.

In den Jahren 1897/1901 beteiligte ich mich stark an den photographischen Aufnahmen kleiner Planeten, die Herr Dr. Witt an der Berliner Urania-Sternwarte zum Zwecke der genaueren Beobachtung und Verfolgung dieser Himmelskörper unternommen hatte. Das Uhrwerk des Sechszöllers, mit dem diese Beobachtungen vorgenommen wurden, ging so unregelmäßig, daß wir bei den durchschnittlich zweistündigen Aufnahmen gezwungen waren, das Auge fast permanent am Okular zu haben, um in jedem Augenblicke mit der Feinbewegung korrigieren zu können. Dabei handelte es sich darum, einen helleren „Leitstern" stets an derselben, durch ein beleuchtetes Fadenkreuz bezeichneten Stelle des Fernrohrs zu halten. Wenn ich nun lange dieser mühevollen und ermüdenden Tätigkeit obgelegen hatte, passierte es mir manchmal, daß sich der Leitstern mitsamt dem ganzen Fernrohr ein Stück nach links zu bewegen schien, plötzlich stehen blieb, um etwas schneller bis fast an seine frühere Stelle zurückzukehren. Das wiederholte sich gewöhnlich mehrmals hintereinander.

Ich legte dieser Erscheinung keine Bedeutung bei, weil ich sie auf die Ermüdung meines durch die lange und aufmerksame Beobachtung stark angestrengten linken Auges zurückführte. Nun finde ich aber zufällig in den „Astronomischen Nachrichten" vom Jahre 1888 (Nr. 2841) eine Mitteilung des Astronomen Weyer, dem eine ganz ähnliche Erscheinung passierte, in der er auch auf Alexander von Humboldt hinweist. Im dritten Bande seines „Kosmos", A, α, II, berichtet er bei-

läufig über eine „optische Erscheinung", die er auf allen seinen Bergbesteigungen nur einmal, und zwar vor dem Aufgange der Sonne am 22. Juni 1799 am Abhange des Piks von Teneriffa, beobachtet hat. Im Malpays, ungefähr in einer Höhe von 3473 m über dem Meere, sah er mit unbewaffnetem Auge „tiefstehende Sterne in einer wunderbar schwankenden Bewegung. Leuchtende Punkte stiegen aufwärts, bewegten sich seitwärts und fielen an die vorige Stellung zurück. Das Phänomen dauerte nur 7 bis 8 Minuten und hörte auf lange vor dem Erscheinen der Sonnenscheibe am Meereshorizont. Dieselbe Erscheinung war in einem Fernrohr sichtbar, und es blieb kein Zweifel, daß es die Sterne selbst waren, die sich bewegten".

Die Ursache dieser sehr eigentümlichen Erscheinung läßt Humboldt offen; er fragt nur, ob diese Ortsveränderung „zu der so viel bestrittenen lateralen Strahlenbrechung" gehört, oder ob „die wellenförmige Undulation der aufgehenden Sonnenscheibe, so gering sie auch durch Messung gefunden wird, in der lateralen Veränderung des bewegten Sonnenrandes einige Analogie" darbietet, um so mehr, als nahe am Horizonte ohnedies jene Bewegung scheinbar vergrößert werde.

Nach einem halben Jahrhundert ist dieselbe Erscheinung des Sternschwankens an genau demselben Orte von dem Prinzen Adalbert von Preußen, den Humboldt einen „unterrichteten und sehr aufmerksamen Beobachter" nennt, zugleich mit bloßen Augen und im Fernrohr beobachtet worden, und zwar wieder vor Sonnenaufgang. Humboldt fand die Beobachtungen in des Prinzen handschriftlichem Tagebuche, der sie vor seiner Rückkehr vom Amazonenstrome eingetragen hatte, ohne von Humboldts Wahrnehmungen etwas gewußt zu haben.

Humboldt selbst hat auf dem Rücken der Andenkette oder „bei der häufigen Luftspiegelung (Kimmungmirage) in den heißen Ebenen (Llanos) von Südamerika trotz der so verschiedenartigen Mischung ungleich erwärmter Luftschichten keine Spur lateraler Refraktion je finden können.

Schließlich berichtet Humboldt in den Berichtigungen und Zusätzen noch von einer Beobachtung des Sternschwankens durch den Oberlehrer der Mathematik Flesch, der abends zwischen 7 und 8 Uhr (am 20. Januar 1851) diese Erscheinung an dem nahe am Horizont stehenden Sirius beobachtet hat.

Herr Weyer hatte vielfach vergeblich nach der Erscheinung gesucht, bis sie sich ihm (am 14. März 1888) um 2 Uhr 10 Minuten nachts unerwartet von selbst darbot. Diese Beobachtung und die begleitenden Umstände waren folgende:

Von ungewöhnlich langem Rechnen ermüdet, brach Herr Weyer dieses ab und begab sich ans Fenster, wo sein Blick sofort durch einen

hellstrahlenden roten Punkt gefesselt wurde, der bei geringer Höhe über dem Horizont sich zu bewegen schien. Er überzeugte sich bald, daß es sich um kein irdisches Licht, sondern um den in 4 bis 5 Grad Höhe stehenden Antares handelte, und nahm eine ruhig angelehnte Stellung ein, um zu beobachten, welcher Art die Bewegung sei. Einen Augenblick schien der Stern zu ruhen, begann aber bald eine horizontale Bewegung nach links, kam dann wieder zur Ruhe und setzte gleich darauf seine Bewegung nach links fort. Nachdem so etwa 3^0 bis 4^0 zurückgelegt sein mochten, folgte eine Bewegung nach rechts, abwechselnd mit einer geringeren Bewegung aufwärts und abwärts, selten unterbrochen durch ein zeitweiliges Erlöschen. Alle hellen Sterne funkelten stark; es herrschte eine Temperatur von 6 Grad Kälte, und es wehte ein heftiger Ostwind.

In einem Handfernrohre bei möglichst fester Anlehnung war die Erscheinung die gleiche. Als aber Herr Weyer dann den auf einem Stativ befindlichen, parallaktisch aufgestellten Kometensucher auf Antares einstellte, verhielt sich der Stern wie gewöhnlich, d. h. er folgte regelmäßig der täglichen Bewegung. Da es nun möglich war, daß die Erscheinung des Schwankens überhaupt aufgehört hatte, so beobachtete Weyer den Stern abwechselnd mit bloßem Auge und im festen Fernrohr. Dabei zeigte sich, daß bei der Betrachtung mit bloßem Auge das Schwanken, wenn auch in schwächerem Grade, sich wieder einstellte, während im festen Fernrohr nichts derartiges wahrgenommen werden konnte.

Herr Weyer vermutet nun, daß seine Beobachtung eine rein subjektive Erscheinung gewesen sei, obwohl sie mit früheren Wahrnehmungen des Sternschwankens gut übereinstimmt. Allerdings ist aus den Beschreibungen Humboldts nicht zu ersehen, ob das von den Beobachtern benutzte Fernrohr fest auf einem Stativ gestanden oder in der Hand gehalten wurde. Ich selbst habe stets die Empfindung gehabt, daß es sich bei den von mir bemerkten Erscheinungen um subjektive Vorgänge handelt. Meine Beobachtung weicht allerdings insofern von den anderen ab, als sie auch am feststehenden Fernrohre, das aber mitzuschwanken schien, wahrgenommen wurde. Felix Linke.



Von der Scheibe des dritten Jupitermondes

hat Herr José Comas Solá eine Zeichnung entworfen, die auf den ersten Anblick gewisse Ähnlichkeiten mit den älteren Marskarten aufweist. Sie hat einen „Polareisfleck“ am nördlichen Rande, umgeben von einem ovalen dunkeln „Polarmeer“, das sich mit einem Aste ins Innere der Scheibe fortsetzt und dort in eine dunkle „äquatoreale Bande“ endet,

die freilich beiderseits nicht bis an den Rand der Scheibe geht, sondern je $^1/_5$ des Halbmessers davon entfernt endet. Dieser Halbmesser des dritten größten Jupitertrabanten Ganymed ist gar nicht so klein, 2900 km, 500 weniger als bei Mars und 1100 mehr als beim Erdmond. Die Beobachtung ist in Barcelona mit dem 15-Zöller des Observatoriums Fabra bei 450—750 facher Vergrößerung gemacht worden. Derselbe muß also vorzügliche Bilder geben, da andere Instrumente bei gleicher Vergrößerung bisher noch nie Einzelheiten auf einem Jupitermond gezeigt haben. Während der $^5/_4$ Stunden dauernden Beobachtung verschob sich der glänzendweiße Fleck nicht gegen den Rand. Das spricht entweder für die langsame Rotation des Trabanten, die ja (wie bei allen Jupitermonden gleich der Revolution) zu $7^1/_6$ Tag angenommen wird, oder für die polare Natur des Gebildes. Liegt der Pol inmitten des „Eisflecks", so behält er natürlich seine Lage gegen den Rand für einen sehr entfernten Beobachter unverändert bei; denn die Rotationsachse bleibt sich selbst parallel.

Obige Bezeichnungen sind natürlich nur in Analogie mit dem Mars gewählt. Daß die Helligkeitsunterschiede wirklichen Kontrasten zwischen Land und Wasser entsprechen, soll nicht behauptet sein. Es mag nur bemerkt werden, daß schon oft darauf hingewiesen ist, daß die Jupitertrabanten sehr wohl günstige Bedingungen für organisches Leben bieten können. Ihnen leuchtet ihr Hauptplanet als Sonne, da er ja noch eine rotglühende, mit weiß leuchtenden Wolkenmassen teilweise überdeckte, Oberfläche besitzt, und strahlt aus der großen Nähe Wärme genug herüber; denn seine Scheibe übertrifft den scheinbaren Durchmesser der wahren Sonne selbst beim vierten Monde noch mehr als zwanzigmal. R.



Sir David Gill,

der verdiente Direktor der Cap-Sternwarte seit 1879, ist von seinem Posten 63jährig zurückgetreten und hat sich in London niedergelassen. Unter seiner Leitung ist die Cap-Sternwarte mächtig emporgeblüht, obwohl sie stets seit ihrer Gründung 1829 unter Fallows, Henderson, Maclear (1836—70) und Stone tüchtige Leiter gehabt hat. Einen neuen Meridiankreis modernster Konstruktion von Troughton und Simms und einen Refraktor von 24 Zoll Öffnung hinterläßt Gill seinem Nachfolger Hough, dem bisherigen ersten Assistenten als höchst leistungsfähige Instrumente. Gill selbst hat sich bei seinen Hauptarbeiten mit wesentlich kleineren Fernrohren begnügen müssen. Scharfe Ortsbestimmungen an zahlreichen Sternen des Südhimmels, die seine Vorgänger und er selbst am Meridiankreise ausgeführt hatten, sind von ihm zu mehreren Sternkatalogen von

großer Genauigkeit zusammengestellt worden. Das wichtigste auf dem Gebiete der Stellarastronomie ist aber die an Argelanders und Schönfelds Arbeiten in Bonn anschließende photographische Durchmusterung des Himmels, die nach Ausmessung der am Cap aufgenommenen Platten durch Kapteyn in Groningen nun die Orte von 430000 Sternen bis zur 10. Größe vom 20. Grade südlicher Deklination bis zum Südpol enthält, mit einer Genauigkeit von etwa $^1/_{10}$ Bogenminute, während die optischen Durchmusterungen kaum die halbe Bogenminute verbürgen. Auch eine Zone der photographischen Himmelskarte, nämlich die von 40° bis 52° südlicher Deklination ist in Capstadt aufgenommen worden; die Anhaltsterne zur Ausmessung der Platten sind am Meridiankreis beobachtet, und der Katalog ist bereits erschienen. Am Heliometer hat Gill besonders günstige Erdnähen mehrerer kleiner Planeten beobachtet und daraus sehr sichere Werte der Sonnenparallachse abgeleitet, im Mittel den Wert, 8''80, der jetzt allgemein angenommen wird. Auch eine Tochtersternwarte ist für Capstadt in Johannesburg im Entstehen, wo Innes, einer der fähigsten Schüler Gills, als Direktor des neuen meteorologischen Institutes jetzt arbeitet. Diesen reichen Früchten einer ungewöhnlichen Arbeitskraft, von denen nur die wesentlichsten aufgezählt sind, wird Gill in seiner nun gewonnenen Muße zweifellos noch weitere hinzufügen. NB.



Eine einfache Anordnung zur Ablesung von Spiegelablenkungen.

In den Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, **42**, 171—174, 1906, veröffentlicht Herr B. Osgood Peirce Angaben über eine einfache Anordnung zur Bestimmung der Ausschläge von Spiegelgalvanometern. Diese Anordnung wird nach den Angaben des Herrn Peirce bereits seit einer Reihe von Jahren mit ausgezeichnetem Erfolge im Jefferson Physical Laboratory des Harvard College benutzt. Da die Methode ohne weiteres auch auf andere Apparate mit bewegtem Spiegel Anwendung finden kann, und da sie in der Tat mancherlei Vorzüge gegenüber anderen Methoden bieten dürfte, so erscheint es mir angebracht, hier einige Angaben darüber zu machen. Im wesentlichen handelt es sich um ein „Fernrohr ohne Rohr". Vor dem ebenen, bewegten Spiegel S trägt das Gehäuse des Apparates an Stelle des üblichen Fensters eine Konvexlinse L_1, deren Brennweite dem gewählten Skalenabstand gleich ist. Vor dieser Linse und um ihre Brennweite von ihr entfernt steht horizontal die Skala SK. Diese ist auf einer Leiste montiert, deren Breite mindestens das Doppelte der Skalen-

höhe betragen soll. Diese Leiste ist in ihrer Mitte mit einem kreisrunden Loch K von reichlich 20 mm Durchmesser versehen, und in diesem Loch ist in der Mitte ein feiner, senkrechter Faden oder Draht F als Marke ausgespannt. Vor K nun steht eine zweite Linse, L_2, in einem Abstande, der von ihrer Brennweite und von dem Auge des Beobachters abhängt. L_2 dient als Okular und hat zweckmäßig eine Brennweite von 12 bis 15 cm. Zwischen L_2 und dem beobachtenden Auge endlich befindet sich eine Blende B in solchem Abstande von L_2, daß das Gesichtsfeld vollständig von einem deutlichen und farblosen Skalenbild erfüllt erscheint, durch welches senkrecht die Marke F hindurchgeht. L_1, K, L_2 und B sollen möglichst genau auf einer Achse liegen. Die richtige Einstellung der Skala SK erreicht man dadurch, daß man SK solange verschiebt, bis jede Parallaxe zwischen F und der Teilung von SK bei Beobachtung durch B verschwunden ist. Dann wird SK ein für allemal festgeklemmt. Die Entfernungen zwischen SK und L_2 und zwischen L_2 und B können von jedem einzelnen Beobachter nach seinen Bedürfnissen eingestellt werden. Man kann indessen auch B in mittlerer Stellung festlegen und dann von jedem Beobachter nur L_2 nach Bedarf verschieben lassen. Zweckmäßig werden L_1, SK, L_2 und B auf einem Arm angebracht. Ist diese Vorrichtung einmal eingestellt, so lassen sich die Spiegelablenkungen bequem beobachten, ohne daß es erforderlich wäre, das beobachtende Auge dicht an die Blende B heranzubringen. Der Beobachter betrachtet ein Bild der Skala in natürlicher Größe im Abstande B K von der Blende, und durch geeignete Wahl der Okularlinse kann eine beliebige Vergrößerung dieses Bildes erzielt werden. Die Linsen L_1 und L_2 brauchen nicht achromatisch zu sein; gewöhnliche Brillengläser erfüllen den Zweck vollkommen. Die großen Vorzüge der geschilderten Methode bestehen einmal darin, daß die Apparatur bequem einstellbar ist und nach einmaliger Einstellung nicht leicht in Unordnung geraten kann, zweitens darin, daß man ein großes und deutliches Bild der Skala erhält, und daß daher auch bei längere Zeit hindurch fortgesetzter Beobachtung keine derartige Ermüdung des beobachtenden Auges eintritt, wie sie bei den meisten andern Methoden leider unvermeidlich ist — und, darf man wohl hinzusetzen, sehr oft durch das fast stets überflüssige Schließen des nicht beobachtenden Auges noch in erhöhtem Maße erfolgt. Die hier beschriebene Anordnung erfordert nur die allereinfachsten Hilfsmittel, über die wohl jedes auch noch so bescheiden ausgestattete Laboratorium verfügen dürfte.

Mi.



Neuerungen an Elektrometern.

Hochempfindliche Zeigerelektrometer bilden ein wesentliches Requisit des modernen messenden Physikers. An brauchbaren Instrumenten dieser Art, welche hinsichtlich der Empfindlichkeit den Vergleich mit den ausgezeichneten elektromagnetischen Präzisionsinstrumenten der Neuzeit auszuhalten vermögen, herrscht keineswegs Überfluß. Mit Freude sind daher zwei neue Formen hochempfindlicher Zeigerelektrometer zu begrüßen, welche kürzlich der Öffentlichkeit übergeben worden sind.

Eines dieser Instrumente rührt von Herrn A. Kleiner her und ist von ihm in der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 51, 226—228, 1906, beschrieben worden. Herr Kleiner suchte die feinen Platinfäden, welche seit einiger Zeit von Heraeus hergestellt werden, für die Aufhängung der Nadel des Quadrantenelektrometers nutzbar zu machen. Wenn man aber mit der Fadendicke bis auf 0,007 mm oder gar noch weiter hinabgeht, so werden schon bei einer Fadenlänge von etwa 10 cm die Schwingungsdauer und die Dämpfung so groß, daß ballistische Beobachtungen völlig ausgeschlossen erscheinen. Man muß also auf eine Verringerung der Schwingungsdauer und der Dämpfung bedacht sein. Dazu kann zunächst eine Verkleinerung der Nadel und eine damit verbundene Verkleinerung ihres Trägheitsmomentes beitragen. Die Dämpfung läßt sich aber noch weiter vermindern, wenn man, wie dies Herr Kleiner getan hat, das Elektrometer evakuiert oder es mit Wasserstoff füllt. Um dies zu ermöglichen, hat sich Herr Kleiner veranlaßt gesehen, den Quadranten wie der Nadel eine von der üblichen durchaus abweichende Form zu geben und sie als Teile konachsialer zylindrischer Röhren zu gestalten. Es kommt dadurch die Notwendigkeit in Fortfall, die Quadranten aufklappbar zu machen; vielmehr läßt sich bei der neuen Konstruktion die gegenseitige Stellung von Quadranten und Nadel ohne weiteres von außen her kontrollieren. Quadranten, Nadel und Aufhängungsvorrichtung befinden sich unter dem Rezipienten.

Gleichfalls vom Prinzip des Thomsonschen Quadrantenelektrometers ausgehend, erreicht Herr Dolezalek das Ziel, die Empfindlichkeit zu steigern, auf durchaus anderem Wege. Eine Beschreibung seines Instrumentes, welches er gelegentlich der vom 21. bis 24. Mai in Dresden tagenden 13. Hauptversammlung der deutschen Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie vorgeführt hat, findet sich in der Zeitschrift für Elektrochemie, 12, 611—613, 1906. Der Drehungswinkel der Elektrometernadel im Thomsonschen Instrument hängt bei gegebener Nadelladung und gegebener Potentialdifferenz zwischen den

Quadranten, wie bereits oben erwähnt, von der Feinheit und Länge des Fadens und von der Größe der Nadel ab; er ist ferner um so größer, je enger die Quadrantenschachtel ist. Herr Dolezalek sucht nun, durch Verengerung der Schachtel die Empfindlichkeit zu steigern. Dabei macht sich aber die Erscheinung störend bemerkbar, daß die Nadel leicht in labiles Gleichgewicht gerät und an die Wände der Schachtel sich anlegt. Dieser Gefahr begegnet Herr Dolezalek nun dadurch, daß er sowohl die Schachtel als auch die Nadel kugelschalenförmig ausbildet, und zwar in der Weise, daß der Aufhängungspunkt des Fadens zum gemeinsamen Krümmungsmittelpunkt der drei Kugelschalen gewählt wird. Herr Dolezalek geht aber noch einen Schritt weiter: Bei der Quadrantenteilung ist die Höchstgrenze für den Nadelausschlag zu 90^0 gegeben, und Proportionalität zwischen Spannung und Ausschlag besteht nur bis höchstens 30^0. Bei dem neuen Instrument wird nun — einem wahrscheinlich schon von Thomson herrührenden Vorschlage folgend — an Stelle der vierteiligen eine zweiteilige Schachtel gesetzt, also das Quadrantenelektrometer zu einem Binantenelektrometer umgestaltet. An die beiden Teile der Schachtel wird die zu messende Potentialdifferenz angelegt. Die aus einer dünnen Aluminiumscheibe bestehende Nadel ist gleichfalls in zwei Halbscheiben zerlegt, deren eine durch den Aufhängedraht mit dem einen, die andere durch einen frei herabhängenden Draht mit dem anderen Pole der Ladebatterie verbunden ist, deren Mitte geerdet wird. Falls diese Erdung nicht ausführbar ist, schließt man die Ladebatterie durch einen großen Widerstand, dessen Mitte man zur Erde ableitet. Gestattet schon die Zweiteilung der Schachtel, bis zu einem Winkel von 60^0 proportionale Ausschläge zu erhalten, so wird durch die symmetrische Verteilung der Ladespannung auf die beiden Nadelhälften noch der weitere Vorteil erreicht, daß die durch die Potentialdifferenz der Binanten auf die Nadel ausgeübte Drehkraft bei jeder Nadelstellung die gleiche bleibt. In der Tat erhielt Herr Dolezalek bis über 100^0 den angelegten Spannungen mit großer Annäherung proportionale Nadelausschläge.

Die beiden hier beschriebenen Instrumente sind als eine wesentliche Bereicherung des physikalischen Rüstzeuges anzusehen. Das Dolezaleksche Binantenelektrometer wird von den optischen Werkstätten von G. Bartels in Göttingen für 90 M. geliefert. Über den Herstellungsort und den Preis des Kleinerschen Vakuumelektrometers finden sich in der angeführten Mitteilung keinerlei Angaben. Mi.



Die akustischen Eigenschaften von Auditorien.

Wird in einem Saale ein Ton erzeugt, so kann man in der Regel drei Arten von Schwingungen wahrnehmen, 1. die Primärwelle, welche direkt von der Schallquelle kommt, 2. die schier unendliche Zahl der an den Wänden und Ecken zerstreuten Schallwellen, die die Resonanz erzeugen, und 3. die von den Wänden reflektierten Schallstrahlen, die zur Entstehung bestimmter Echos den Anlaß geben. Damit nun ein Saal in akustischer Beziehung gut ist, darf er kein Echo haben, und die Resonanztöne müssen kurz genug sein, um den Erzeugungston zu verstärken und nicht den folgenden Ton zu beeinträchtigen.

Nun hat ein amerikanischer Ingenieur Wallace Sabine das Gesetz aufgestellt, dem der Resonanzton unterworfen ist. Zu seinen Untersuchungen, die er in seinem Werke Architectural Acoustics, Part I, Reverberation of the american architectural Acoustics, 1900, niedergelegt hat, verwandte er eine Orgelpfeife, die den Ton c_3 gab, und bestimmte die Zeit, während welcher ein Zuhörer den Ton vernimmt, bis er erstirbt. Es ergab sich, daß man die Zeitdauer eines Resonanztones für irgend einen Saal sehr gut berechnen kann nach der Formel

$$t = \frac{K}{a + x},$$

in der K die Meßgröße einer Konstante ist, die von dem durch die Zahl v gemessenen kubischen Inhalt des Saales abhängt. Dabei fand er $K = 0{,}171\ v$. — a ist die Maßzahl für die Absorptionsfähigkeit des leeren Saales, x die Maßzahl der Absorptionsfähigkeit für die Zuhörer.

Bestimmt man nun in einem leeren Saale, wo $x = 0$ ist, auf experimentellem Wege die Größe t, so kann man a berechnen und hernach auch den Wert t' für den gefüllten Saal finden. Sabine hat auch wirklich Tafeln berechnet für die Absorptionsfähigkeit von verschiedenen Körpern, insbesondere für die Absorptionsfähigkeit einer zuhörenden Person (0,44), ferner für die Absorptionsfähigkeit eines geöffneten Fensters, die er für 1 qm Oberfläche als Einheit annimmt.

Herr Marage hat die Sabineschen Versuche wiederholt und darüber an die Pariser Akademie in einer am 9. April d. J. von d'Arsonval vorgelegten Note berichtet (cfr. Comptes rendus t. 142, No. 15, p. 878 ff.). Marage benutzte als Schallquelle eine Sirene, mit deren Tönen er sich den Bedingungen am meisten näherte, unter denen ein Redner spricht. Die Sirene wurde immer dort aufgestellt, wo der Redner gewöhnlich zu sprechen pflegt, während ein Zuhörer nacheinander an verschiedenen Stellen des Saales postiert wurde. So bestimmte man den Wert des übrig bleibenden Tones für jeden der 5 Vokale U, O, A, E und I. — Ein Redner gibt im Mittel in einer Stunde eine Energiemenge von 160 kgm aus.

Die gewöhnlichen Versuchsbedingungen waren diese:

Vokale	U	O	A	E	I
Tonhöhen	e_2	e_2	e_2	a_4	a_6
Tonenergie pro Sekunde .	0,052	0,036	0,052	0,036	0,002

Die Dauer des Tones betrug immer 3 Sekunden.

Herr Marage untersuchte sechs verschiedene Säle, deren Volumen zwischen 63000 (Trocadéro) und 646 cbm (Hörsaal für Physiologie in der Sorbonne) variierte; es ergab sich dabei folgendes:

Salle du Trocadéro. 14 Versuche — V. = 63000 cbm, Zuhörerzahl: 4500, Durchmesser: 58 m; Höhe der Kuppel: 55 m.

Im Mittel	u	o	a	e	i
t = Resonanztondauer bei leerem Saale	2	2,1	2	2	1,9
t′ = „ „ vollem Saale	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4

Damit in diesem Saale ein Redner gut zu verstehen ist, muß er langsam sprechen und bei jedem Satze eine kleine Pause machen. Er braucht nicht mehr Energie aufzuwenden, als wenn er sich an einen Hörerkreis von 250 Personen im physiologischen Hörsaal der Sorbonne wendete.

Großer Hörsaal der Sorbonne. 11 Versuche — V. = 13600 cbm; Zahl der Zuhörer: 3000; Oberfläche des mit Glas bedeckten Plafonds: 150 qm, Höhe des Plafonds 17 m. Ergebnis:

	u	o	a	e	i
t	2	2,8	2,6	1,9	1,8
t′	0,9	1	1	0,9	0,9

t′ ist viel kleiner als t; der Architekt hat tatsächlich die Geschicklichkeit gehabt, die Seitenwände, deren Absorptionsfähigkeit sehr groß ist, fast vollständig zu beseitigen, indem er sie mit Hörern besetzte. Da sich ferner der Glasplafonds nur 17 m vom Fußboden befindet, kann sich das Echo nicht ausbilden. Die Akustik dieses Saales ist ausgezeichnet.

Saal Richelieu. 13 Versuche. — V = 6000 cbm; Plafondhöhe; 10,5 m; Hörerzahl: 800. Ergebnis:

	u	o	a	e	i
t	1,8	2,2	2	1,6	1,9
t′	1,1	0,8	0,9	1	1

Saal der Académie de Médecine. 78 Versuche — V = 1992 cbm; Mittlere Hörerzahl: 200.

Ergebnis:

t = 0,5, t′ = 0,4 für alle Vokale.

Dieses unerwartete Ergebnis hat die große Zahl von Versuchen (78) veranlaßt. Nirgends hat Marage so kurze Resonanzen gefunden. Das

zeigt wohl am besten, wie sehr man die akustischen Eigenschaften eines Saales verändern kann, indem man die Absorption der Wände vergrößert. Für einen Vorlesungssaal, dessen Hörer meist sehr ruhig sind, würde t′ etwas schwächer sein, für einen Sitzungssaal ist es besser, die Resonanz so schwach wie möglich zu machen.

Hörsaal für Physik der Sorbonne. 8 Versuche. — V = 890 cbm; Hörerzahl: 250.

Ergebnis:

	u	o	a	e	i
t	1,4	1,6	1,2	1,4	1,2
t′	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6

Dieser Hörsaal hat für das gesprochene Wort die besten akustischen Eigenschaften.

Hörsaal für Physiologie in der Sorbonne. 8 Versuche — V = 646 cbm; Hörerzahl: 150.

Ergebnis:

$$\left.\begin{array}{l} t = 1{,}4 \\ t' = 0{,}7 \end{array}\right\} \text{für alle Vokale.}$$

Die Akustik auch dieses Saales ist durchweg sehr gut.

Herr Marage zieht aus seinen Ergebnissen die folgenden Schlüsse:

1. Die Stärke der Resonanztöne kann, wie Herr Sabine behauptet, sehr wohl zur Charakteristik der akustischen Eigenschaften eines Saales dienen.

2. Die Dauer dieses Tones verändert sich mit dem Klang, der Höhe und der Intensität des Primärtones. Es ist also sehr wohl möglich, daß ein Saal für einen Redner sehr gut, für ein Orchester dagegen sehr schlecht ist.

3. Mit der Formel $t = \frac{K}{a + x}$ kann man die Tondauer der Resonanz als Funktion der Hörerzahl ausdrücken und bestimmen.

4. Soll die Akustik eines Saales gut sein, so muß die Dauer der Resonanztöne für alle Plätze und für alle Vokale möglichst ausgeglichen, möglichst gleich sein; sie liegt am zweckmäßigsten zwischen 0,5 und 1 Sekunde.

5. Beträgt die Dauer der Resonanztöne mehr als eine Sekunde, so kann man in solchem Saale nur ordentlich verstanden werden, wenn man sehr langsam und gut artikuliert spricht und der Stimme keine übermäßige Kraft gibt.

6. Die angegebene Methode ermöglicht es, einem Redner im voraus anzugeben, unter welchen Bedingungen er zweckmäßig spricht, um sich allen Zuhörern gut verständlich zu machen. F. L.



Ein Glas von verhältnismässig geringem spezifischen Widerstande.

Nach einem Vortrag, den Herr E. S. Phillips von der Abteilung A der British Association am 7. August 1906 zu York gehalten hat, ist es genanntem Herrn gelungen, ein Glas herzustellen, das ein verhältnismäßig sehr hohes spezifisches Leitvermögen für Elektrizität besitzt. Da ein derartiges Glas für die Herstellung elektrostatischer Apparate von bedeutendem Wert sein dürfte, so seien hier einige Angaben darüber nach dem Bericht im „Electrician" (57, 707, 1906), gemacht.

Die Schmelze des Herrn Phillips setzt sich zusammen aus 32 Teilen Natriumsilikat und 8 Teilen kalziniertem Borax. Ein Zusatz von 1,25 Teilen Flintglas erhöht die Festigkeit. Ein Würfel aus diesem Glase mit einer Seitenlänge von 1 cm besitzt bei 20° C einen Widerstand von der Größenordnung 10^9 Ohm. Dieser an sich noch recht hohe Widerstand ist doch etwa 500 mal geringer als der des bestleitenden, bisher bekannten Glases. Der Widerstand ist ziemlich stark abhängig von der Temperatur; hierüber sind Untersuchungen noch im Gange. Der Schmelzpunkt dieses Glases ist ziemlich niedrig; das Material läßt sich daher leicht zu Stäben und zu feinen Fäden ausziehen. Es kann in Platten gegossen werden und nimmt leicht eine gute Politur an. In gepulvertem Zustande läßt es sich gut an Kupfer anschmelzen und haftet dann ohne Gefahr des Abplatzens. Das spezifische Gewicht dieses Glases beträgt 2,490; die Härte übertrifft die des gewöhnlichen käuflichen Natriumglases ein wenig. Das neue Glas ist für Röntgenstrahlen sehr durchlässig, für ultraviolettes Licht hingegen völlig undurchlässig; unter der Einwirkung von Kathodenstrahlen zeigt es keine Fluoreszenz. Mi.



Ist der Staub in der Atmosphäre geladen?

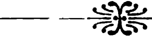
Über diesen Gegenstand veröffentlicht Herr George C. Simpson in der „Physikalischen Zeitschrift" eine kleine Arbeit, in der er seine Versuche zu dieser Frage mitteilt. Durch die Messungen des Potentialgradienten in der Atmosphäre wurde festgestellt, daß sich über die Erdoberfläche praktisch eine negative elektrische Ladung erstreckt. Es war daher naheliegend, auch den in die Luft emporgewirbelten Staub- und Rauchmassen eine negative Ladung zuzuschreiben. Dafür sprechende Versuche beschrieb namentlich Schmauß in den „Annalen der Physik", während andere Physiker aus gewissen Beobachtungen auf das Gegenteil schlossen. Simpson hat in seiner Arbeit über die Ladung durch Ab-

sorption von Ionen im „Philosophical Magazine" 1903 Gründe für die Ansicht mitgeteilt, daß Körper, die in ionisierter Luft suspendiert sind, nicht geladen werden, daß sie vielmehr jede ihnen mitgeteilte Ladung verlieren werden.

Direkte Versuche nach dieser Richtung wurden bisher nicht unternommen; Herr Simpson ließ deshalb durch Herrn Atkinson in der staubhaltigen Atmosphäre von Manchester Versuche anstellen. Von den verschiedenen Methoden erwies sich folgende als die vorteilhafteste: Zwei 4×8 cm grosse Messingplatten wurden so aufgestellt, daß ihre Ebenen vertikal und in einem Abstand von 1 cm sich gegenüberstanden. Diese Platten wurden auf einer Potentialdifferenz von ungefähr 5000 Volt gehalten. Zur besseren Messung der Staubmengen wurden die Innenseiten der Messingplatten mit dünnen Glasscheiben von gleicher Größe wie die Platten selbst belegt. Der zwischen den Platten hindurchfallende Staub, der sich ja fortwährend in großen Mengen zu Boden setzt, befindet sich zwischen den Platten in einem starken elektrischen Felde. Besitzen die Staubteilchen eine Ladung, so müßten sie je nach deren Vorzeichen von der einen oder anderen Platte angezogen werden und sich an den Glasplatten absetzen.

Nach 30-stündiger Exposition wurde ein dicker Staubniederschlag auf den Platten gefunden. Es war indessen nicht möglich, auch nur den geringsten Unterschied in der Menge des niedergeschlagenen Staubes zu entdecken. Daraus schließt Herr Simpson, daß der Staub in der Luft nicht geladen ist, oder daß er wenigstens nicht stärker mit einer Elektrizität geladen ist als mit der anderen.

In einem Briefe des Herrn J. R. Januszkiewicz an die Redaktion der „Physikalischen Zeitschrift" (1906, S. 648) teilt er Beobachtungen mit, die wieder darauf schließen lassen, daß dem Staube eine negative Ladung eigen ist. Da es sich aber nicht um direkte Versuche handelt, wird man ihnen nicht das gleiche Maß von Wahrscheinlichkeit zutrauen dürfen wie Atkinsons Beobachtungen. Immerhin kann diese für das Studium der atmosphärischen Elektrizität äußerst wichtige Frage noch lange nicht als abgeschlossen gelten. F. L.





Johann Sahulka, Erklärung der Gravitation, der Molekularkräfte, der Wärme, des Lichtes, der magnetischen und elektrischen Erscheinungen aus gemeinsamer Ursache auf rein mechanischem, atomistischem Wege. 175 S. gr. 8° mit 22 in den Text gedruckten Abbildungen. Wien und Leipzig, Carl Fromme, 1907.

Die nachstehenden Sätze, welche ich dem zweiten Abschnitte der Einleitung des Buches, „Wesen der Hypothese", entnehme, dürften am besten geeignet sein, über den Gedankengang des Autors zu informieren. Es heißt daselbst:

„Die im Titel der Broschüre genannten Naturerscheinungen sind im nachfolgenden aus der Wirkung des Äthers erklärt, wobei bezüglich des Äthers angenommen ist, daß er ebenso beschaffen sei wie ein gewöhnliches Gas, daß er also in Übereinstimmung mit der kinetischen Gastheorie aus kleinen voneinander getrennten Teilchen besteht, die sich mit großer Geschwindigkeit in den verschiedensten Richtungen frei bewegen und dabei miteinander und mit anderen Gasmolekülen oder mit festen und flüssigen Körpern, die sich in dem gleichen Raume befinden, in Kollision kommen."

Weiterhin heißt es dann:

„Was für ein Stoff der Äther ist, ob er ein besonderer, von der wägbaren Materie verschiedener Stoff oder der Urstoff ist, aus welchem die wägbare Materie zusammengesetzt ist, oder ob er nur einen besonderen Grad der Zerteilung der verschiedenen wägbaren Stoffe darstellt, ist für die nachfolgenden Erörterungen belanglos."

Endlich:

„Alle im nachfolgenden besprochenen Erscheinungen sind auf rein mechanischem Wege aus der atomistischen Bewegung des Äthers ohne Annahme einer elektrischen Ladung der Ätherteilchen oder von denselben ausgehender Kraftfelder erklärt; die verschiedenen Kraftäußerungen der ponderablen Massen, der Ströme und Magnete ergeben sich als Druckwirkungen des Äthers; andere Erscheinungen, wie z. B. die hohe Temperatur der Fixsterne, die Entstehung der strahlenden Energie und die scheinbar ohne Gegenleistung erfolgende Energieerzeugung in den radioaktiven Substanzen lassen sich ebenfalls aus der Wirkung des Äthers erklären. Dabei sind bei der Erklärung der Erscheinungen stets die beiden Grundgesetze der Erhaltung der Materie und der Erhaltung der Energie der Bewegung als unumstößlich richtig angenommen worden." —

Ich muß gestehen, daß es mir nicht gelungen ist, mir die Ansichten des Verfassers vollständig zu eigen zu machen. Es kann aber nicht bestritten werden,

daß der Autor seine Darlegungen mit größter Folgerichtigkeit durchgeführt hat. Mag man den Standpunkt des Autors teilen oder nicht, mag die Zukunft ihm recht oder unrecht geben, soviel ist sicher, daß seine Ausführungen als konsequent durchgeführter Versuch einer einheitlichen Erklärung aller physikalischen Erscheinungen allgemeines Interesse beanspruchen dürfen. Mi.

Der Mond als Planet, Welt und Trabant von J. Nasmyth und J. Carpenter. Vierte Auflage. Zweite völlig veränderte, verbesserte und vermehrte deutsche Umarbeitung des englischen Originaltextes von Prof. Dr. Hermann J. Klein. Hamburg und Leipzig. Verlag von Leopold Voß. 1906.

Das Werk von Nasmyth und Carpenter hat sich seinerzeit viele Freunde erworben als eine interessante und gemeinverständliche Darstellung alles dessen, was sich über den Mond von den verschiedensten Gesichtspunkten aus sagen ließ. Der Mond ist der einzige Himmelskörper außer der Sonne, der auch in das Kulturleben des Erdbewohners eingreift und dem daher eine Monographie gewidmet werden kann, die weitere Kreise anzieht. Hierzu kommt noch, daß die englischen Autoren ihr Werk mit Reliefdarstellungen der Mondoberfläche ausstatteten, die mehr als alle früheren Mondzeichnungen den Eindruck der Naturtreue erweckten und jedenfalls eigenartig wirkten. Auch blickt der Leser mit ihren Augen in eine Entstehungsgeschichte der einzelnen Mondgebilde, die durch zahlreiche Zeichnungen veranschaulicht wird und dem Laien jedenfalls plausibel erscheint.

Seit jenen Tagen hat nun rastlose Forschertätigkeit auf unserm Erdtrabanten, namentlich mit Hilfe der Photographie, ununterbrochen weitergearbeitet, sodaß eine Neuausgabe, wenn sie einigermaßen diesen Fortschritten gerecht werden wollte, mehr eine wesentliche Umarbeitung sein mußte. Sollte unter möglichster Anlehnung an das Original der Standpunkt der modernen Wissenschaft bezeichnet werden, so erkennen wir gern an, daß der Herausgeber seine Aufgabe nach Möglichkeit gelöst hat, wir finden z. B. die Schulweisheit der Kant-Laplaceschen Hypothese durch die Untersuchungen G. H. Darwins vervollständigt, und wenigstens in Anmerkungen legt der Herausgeber seine zweifellos richtigeren Ansichten über die Bildung der großen Meere (S. 136, 137) und der Streifensysteme (S. 153, 154) nieder.

Wir gestehen offen, wir hätten ein noch viel radikaleres Vorgehen des verdienten Selenographen gewünscht, nämlich in ganz loser Anlehnung an den Ideengang der englischen Verfasser ein neues Werk über den Mond; an Stelle der Nasmythschen Gipsmodelle die wundervollen photographischen Wiedergaben der Mondformationen nach den Originalen der Pariser, Harvard und Lick-Sternwarte, statt der alten Mondbildungstheorien eine Rücksichtnahme auf die Ideen von Loewy und Puiseux und ein kleiner Nebenwunsch wäre gewesen, Größenangaben durchgehends in Kilometern statt in Meilen zu machen. (Jetzt finden sich erstere nur auf S. 15.) Man soll nicht neuen Wein in alte Schläuche gießen. Welch eine dankbare Aufgabe für einen selbst eifrig tätigen Selenologen, ein Bild unseres Trabanten zu gestalten auf Grund und unter Beigabe der herrlichen Mondphotogramme. Diesem Zwange der alten Form sind auch einige Unterlassungen zuzuschreiben; vor allem fehlt die Einsenkungstheorie der Pariser Mondforscher; von neueren Darstellern des Mondes vermissen wir u. a. die Namen Weinek und Fauth ganz. Von den Veränderungen

der Mondoberfläche wird ganz kurz das veränderte Aussehen Linnés seit 1866 und dann unnötig breit der neue Krater Hyginus N in der „etwas dramatischen“ Schilderung Neisons erwähnt. Das von W. H. [nicht G., wie S. 77 steht] Pickering entdeckte Kraterchen auf dem Randwall Platos, vor allem aber die Durchmesseränderungen des Lichtfleckes von Linné mit dem Mondalter und bei Finsternissen bleiben unerwähnt. Daß die Verlängerung des Mondes gegen die Erde nicht sicher bestimmt werden könne (S. 38), trifft doch nicht zu (vgl. Hayn, A. N. 4083).

An kleineren Versehen sei u. a. erwähnt, daß auf S. 58 und 180 statt 15 14 und auf S. 188 unten 30 statt 28, ebenso auf S. 192 anfangs des neuen Absatzes dreißigmal statt achtundzwanzigmal stehen muß. Das Versehen könnte die Annahme nahelegen, als hinge der Sonnenstand über dem Mondboden von der siderischen Rotation des Mondes (statt von der synodischen) ab. S. 45 Zeile 13 lies 1 Meter statt 2 Meter. S. 190 Zeile 5 lies statt 13000 m 13000 Fuß, oder lieber rund 4000 m. Endlich ist auf S. 195 oben nicht gesagt, daß die Erklärung Schroeters dafür, daß angeblich das Erdlicht auf dem Monde vor dem Neumonde heller erscheint als bei zunehmender Sichel, falsch ist. Ist die Erscheinung reell, so kann sie nur von der verschiedenen Albedo der Ost- und Westhälfte des Mondes herrühren, da ja die rasch rotierende Erde während der Sichtbarkeit des Dämmerlichtes dem Monde mehrfach wechselnd alle Meridiane zukehrt. Ristenpart.

Dr. P. Lotsys Vorlesungen über Deszendenztheorien. (Mit besonderer Berücksichtigung der botanischen Seite der Frage). Gehalten an der Reichsuniversität zu Leiden. I. Teil. Verlag von G. Fischer, Jena. 1906.

Bei der immer weiter fortschreitenden Spezialisierung der Wissenschaften ist es in den letzten Jahrzehnten leider mehr und mehr Gebrauch geworden, daß sich die Vertreter der verschiedenen Wissenschaftszweige, besonders Botaniker und Zoologen, selbst bei Behandlung so allgemeiner Fragen wie der Abstammungslehre, nur bei ihrem Spezialgebiet Aufklärung suchen, die andere Disziplin aber mehr oder weniger unberücksichtigt lassen. In beiden Fällen muß der gewonnene Standpunkt ein einseitiger und schiefer sein, und es ist wahrlich kein Wunder zu nennen, daß Botaniker und Zoologen in zahlreichen fundamentalen Fragen, ich erinnere nur an die Vererbung oder Nichtvererbung erworbener Eigenschaften etc., einander diametral gegenüberstehen. Das Werk von Lotsy bildet daher eine sehr erfreuliche Erscheinung, da hier neben der zoologischen Seite auch die in den Lehrbüchern bisher arg vernachlässigte Botanik zur Klärung der Frage in ausführlicher, erschöpfender Weise herangezogen wird. Die beiden einführenden Vorlesungen des Buches, die ohne großen Schaden für den Inhalt hätten fortfallen können, versuchen in nicht sehr glücklicher Weise den Nachweis zu erbringen, daß der alte Streit zwischen Wissenschaft und Religion nur in einem Mißverstehen beruhe, daß vielmehr beide im Letzten zu den nämlichen Grundwahrheiten führen; ein unversöhnlicher Streit herrsche nur zwischen Wissenschaft und theologischem Dogma. Aber nicht weniger als dogmatische Wissenschaft ist dogmatische Religion eine Contradictio in terminis. Beide, Wissenschaft wie Religion, führen zu der Erkenntnis, daß das „Ding an sich“, welches hinter den Erscheinungen steckt, daß die Macht, durch welche die Welt zu

unserem Bewustsein gelangt, für ewig unerforschbar ist. — Dies zugegeben, scheint mir trotzdem ein fundamentaler Unterschied zwischen der Wissenschaft und Religion obzuwalten, denn während Religion die „Ursache alles Seins" als etwas „Absolutes" hinstellt und ein Fragen darüber hinaus ein für alle Mal verpönt, bleibt die Wissenschaft sich stets bewußt oder sollte es sich doch stets bleiben, daß jede „Hypothesis", welche sie aufstellt, nur eine Stufe der Erkenntnis bedeutet, deren Ziel in der Unendlichkeit liegt, eine ewige Aufgabe! Und jederzeit muß die Wissenschaft bereit sein, eine Hypothese fallen zu lassen, wenn sie durch eine umfassendere ersetzt werden kann.

Aus den folgenden Kapiteln möchte ich besonders die Vorlesungen über „Erblichkeit" hervorheben, die eine prägnante Darstellung der verschiedenen Vererbungstheorien bringen. Neben Darwins Pangenesis-Hypothese, Nägelis Idioplasmatheorie und Weismanns Lehre von der Kontinuität des Keimplasmas finden namentlich auch die berühmten Mendelschen Kreuzungsversuche eine klare und eingehende Erörterung. Vorlesung vierzehn und fünfzehn bringen dann eine erschöpfende Darlegung der de Vries'schen Mutationstheorie. Nachdem so das Fundament der Abstammungslehre kritisch durchgesprochen ist, schließt sich hieran eine historische Übersicht der Entstehung und Ausgestaltung des Deszendenzgedankens von den frühesten Zeiten bis herauf zu Charles Darwin.

In einem zweiten Bande, dessen Erscheinen hoffentlich nicht zu lange auf sich warten läßt, sollen dann die Darwinsche Theorie selbst und die Post-Darwin'sche Literatur zur Darstellung gelangen. Man kann die Lotsyschen „Vorlesungen" jedem, der sich in umfassender und durchaus zuverlässiger Weise mit den Problemen der Abstammungslehre vertraut machen will, warm empfehlen. Zu bedauern ist es nur, daß die sonst so klare Darstellungsweise des Autors durch die Schwerfälligkeit und Ungeschicklichkeit des deutschen Ausdruckes bisweilen stark getrübt und dadurch die Lektüre unnötig erschwert wird. Es wäre im Interesse des sonst so brauchbaren Werkes zu wünschen, daß der zweite Teil der Vorlesungen resp. eine neue Auflage diesen Ausstellungen Rechnung trägt. Dr. C. Th.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H. Zossen—Berlin SW. 68.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Konvergenz bei Tieren.

Von **Dr. O. Rabes** in Magdeburg.

Jeder Naturforscher, der sich zur Deszendenztheorie bekennt, nimmt damit an, daß sich die Mannigfaltigkeit und Vielheit der Formen, in denen uns das Leben entgegentritt, aus einer Urform entwickelt hat. Von der Einheit zur Vielheit, vom einfachen, einzelligen Organismus zum zusammengesetzten, vielzelligen! Damit muß dann weiterhin ein Anpassen der einzelnen Formen an die äußeren Lebensbedingungen, ein Sichkomplizieren in der Ausbildung der Organe Hand in Hand gehen. Die Abstammungslehre stellt sich dar als eine Divergenztheorie: die Organismen divergieren in ihrer Weiterentwicklung nach äußerer Form und innerem Baue strahlenartig von einem Punkte, der Urform, aus.

Demgegenüber wäre nun auch die Möglichkeit denkbar, daß die Entwicklung den umgekehrten Weg gegangen sei. Man müßte dann annehmen, die Vielheit der Formen sei zuerst gewesen; nicht Divergenz, sondern Konvergenz sei hierauf eingetreten. Tatsächlich ist dieser Weg auch beschritten. Friedmann (die Konvergenz der Organismen) hat den Versuch unternommen, eine Konvergenztheorie „als Ersatz für die Abstammungslehre" aufzustellen. Es ist sicherlich ganz auffällig, besonders bei einem vergleichend-anatomischen Studium der Organismen, daß sich so mancherlei weitgehende Übereinstimmungen und viele mehr oder weniger entfernte Beziehungen zwischen einzelnen Formen bzw. Organen finden. Das ist schon den Forschern in der Anfangszeit der vergleichenden Anatomie bewußt geworden und hat sie zur Aufstellung der Lehre von der Homologie bzw. Analogie der Organe veranlaßt, je nachdem im einzelnen Falle die Ähnlichkeit im anatomischen Baue (homolog) oder der physiologischen Funktion (analog) mehr hervortrat. Fried-

mann fügte diesen beiden Prinzipien noch das der „Direkten Konvergenz“ hinzu und versteht darunter „Das Entstehen von Übereinstimmungen zwischen den Genossen einer Biosphäre aus psychischen Ursachen“. Das Hineinziehen des Psychischen ist also das wesentlich Neue in Friedmanns Deduktionen. Als „Amikalselektion“ ist solche gegenseitige psychische Beeinflussung zweier verschiedener Tierarten auch bezeichnet worden. Der Begriff läßt sich recht gut durch die bei Ameisen herrschenden interessanten Beziehungen zwischen Wirt und Parasiten erläutern. Wasmann z. B. nimmt an, daß die so verschiedenen Fühlerbildungen bei Paussusarten durch die Ameise selbst — dieser unbewußt — herangezüchtet sind. Man kann annehmen, daß die Ameisen an bestimmten Fühlerformen ihrer Gäste ein instinktives Wohlgefallen hatten und dieses dadurch zum Ausdruck brachten, solche Gäste besser zu pflegen und zu füttern. Dadurch aber übten die Ameisen eine instinktive Zuchtwahl aus, die von einem psychischen Momente beeinflußt bzw. hervorgerufen wurde. Andere Beispiele, die sich freilich nicht durch einen kurzen Hinweis mit wenigen Worten ausreichend erläutern lassen, finden sich in Friedmanns Werke in größerer Zahl.

Doch auf ein noch weiteres Eingehen auf diese Konvergenztheorie oder gar auf eine Bewertung derselben wollen wir verzichten und nur an die tatsächlich vorhandene, oftmals recht auffällige Übereinstimmung im System entfernt stehender Formen anknüpfen, uns den Konvergenzerscheinungen zuwenden und darunter die Übereinstimmungen bzw. Ähnlichkeiten zusammenfassen, die bei nicht verwandten Tieren durch Anpassung an die gleichen Bedingungen entstanden sind. Recht zahlreich ist die Fülle dieser Erscheinungen; unter ihnen treten uns vielfach solche entgegen, deren Ähnlichkeit so weit geht, daß sie eine nahe Verwandtschaft der Formen vortäuschen kann.

Beginnen wir gleich mit einem solchen eklatanten Falle: In der älteren Systematik wurden unter dem Namen „Waltiere“ mehrere Gruppen Säugetiere vereinigt, die äußerlich betrachtet große Ähnlichkeit zeigen, da in ihrem Körperbaue die Fischform nachgeahmt ist. Im Namen Walfisch ist diese in die Augen springende Erscheinung festgelegt, während diese Tiere doch mit den Fischen weiter nichts gemeinsam haben als das flüssige Medium, in dem sie leben. Dem Laien aber galt der Wal als echter Fisch und wird wohl auch heute noch vielfach als solcher angesehen. Welche Anpassungen haben nun die Fischform ermöglicht? — In der Halsregion sind die Wirbel verkürzt und teilweise verschmolzen, so daß Rumpf und Kopf sich gar nicht voneinander absetzen. Die hinteren Gliedmaßen sind geschwunden, und vom Becken lassen sich nur durch genauere anatomische Untersuchung kleine Darm-

beinrudimente auffinden. Die Vordergliedmaßen sind zu „Flossen" umgewandelt, die durch fast gleichmäßige Knochenstücke gestützt werden. Am Hinterende ist eine quergestellte Schwanzflosse ausgebildet, die sich in ihrem anatomischen Baue aber durchaus nicht mit dem gleichförmigen Gebilde des Fischkörpers vergleichen läßt. —

Aus der Gruppe der „Waltiere" sind die Sirenen noch am leichtesten als Säugetiere zu identifizieren: An den „Flossen" befinden sich häufig noch Nagelrudimente, und stets läßt sich an ihnen ein bewegliches Ellenbogengelenk nachweisen. Ja noch mehr, die mitunter erhalten gebliebenen Backenzähne — gewöhnlich fehlen sie und werden durch Hornplatten ersetzt — lassen in ihrem schmelzfaltigen Baue vermuten, daß die

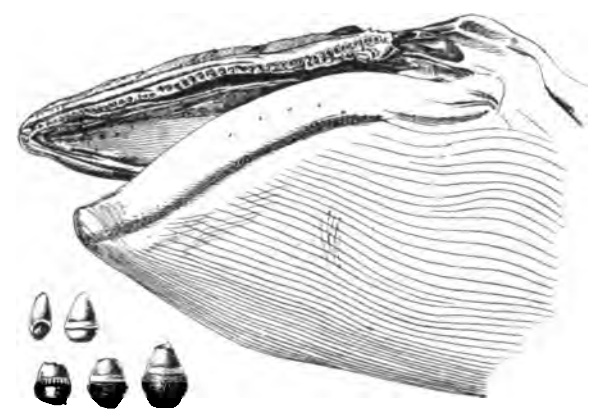


Abb. 1. Kopf eines 123 cm langen Embryo (Balaenoptera musculus) mit frei präparierter Zahnreihe des Oberkiefers (verkleinert auf ein Drittel der natürl. Größe). Darunter einige Zähne (der 3., 5., 9., 12. und 17. Zahn) aus dem Oberkiefer eines etwas älteren Embryo derselben Species (nach Kükenthal).

Vorfahren der Seekühe zur Familie der unpaarzehigen Huftiere gehörten. — Schwieriger ist die Frage nach der Abstammung der beiden Gruppen der Waltiere (Barten- und Zahnwale), deren Zusammengehörigkeit erst durch die entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten von Kükenthal und Guldberg aufgelöst wurde. Die Entwicklungsgeschichte der Zähne dieser bisher als Cetaceen zusammengestellten Säuger lehrt, daß die Zahnwale (Delphin, Narwal, Pottwal) von raubtierähnlichen Vorfahren, die Bartenwale von Huftieren abstammen! Besonders überraschend waren die Befunde bei den Bartenwalen, die bekanntlich als erwachsene Tiere gar keine Zähne besitzen, während beim Embryo in beiden Kiefern eine vollständige Zahnreihe angelegt ist. (Abb. 1.) Schon vor der Geburt werden diese Zähne vollständig resorbiert, und an ihre Stelle treten dann jene gewaltigen, bis 4 m langen und senkrecht gestellten Horn-

platten, die das bekannte „Fischbein" liefern. — Trotz so verschiedener Abstammung zeigen diese Ordnungen doch einen so ähnlichen Körperbau, daß man sie für ganz nahe verwandte und deshalb zusammengehörige Tiere halten möchte. Durch die gleichen äußeren Lebensbedingungen wurde die Fortentwicklung jener Tiere derart beeinflußt, daß ihr Körper sich in gleicher Weise den einwirkenden Faktoren nicht nur in der äußeren Form, sondern auch im Baue innerer Organe anpaßte, so daß jene weitgehende Ähnlichkeit daraus resultierte. Im Fortschreiten dieser allmählichen Anpassung verwischten sich die stark abweichenden Formen des Ausgangsmaterials immer mehr, ihre äußere Gestalt konvergierte langsam, aber beständig nach der für das Leben im Wasser am besten geeigneten Fischform.

Wassertiere bedürfen besonders gestalteter Organe zur Fortbewegung, die den physikalischen Eigentümlichkeiten des flüssigen Elementes an-

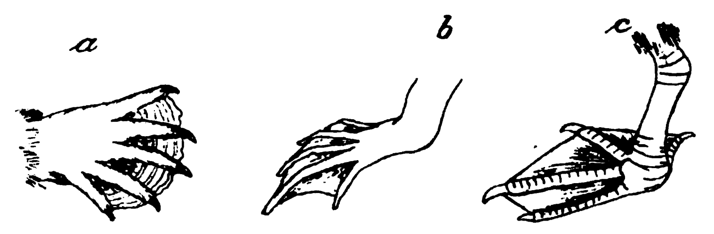
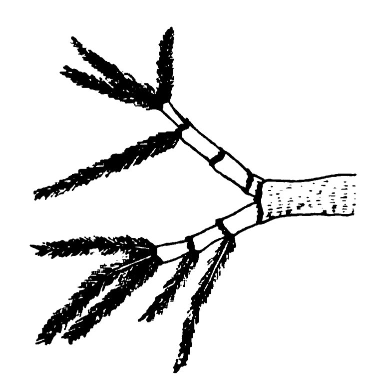


Abb. 2. Schwimmfüße von: a Biber, b Frosch, c Pelikan.

gepaßt sind. Abgesehen von dem Typus der Flossen, der bei den Fischen am vorzüglichsten ausgebildet ist, und der von den oben geschilderten flossenartigen Füßen der Waltiere sowie einer Gruppe der Schnecken (Flossenfüßler, den Heteropoden und Pteropoden) nachgeahmt wird, finden wir bei in und am Wasser lebenden Wirbeltieren, deren Gliedmaßen in ihrer äußeren Gestalt nicht verändert sind, Schwimmhäute, die durch die sich ausspreizenden Finger ausgespannt werden können. Das Prinzip, das diese Formen zu verwirklichen suchen, besteht in der Ausbildung einer breiten Ruderfläche. Beispiele dazu liefern alle Klassen der Wirbeltiere: Von den Säugern besitzen typische Schwimmhäute Biber (Abb. 2a) und Schnabeltier, bei den Vögeln kommen sie am weitgehendsten bei den Ruderfüßlern (z. B. Pelikan Abb. 2c), bei den Reptilien an den Hinterfüßen der Krokodile, unter den Amphibien bei den Fröschen (Abb. 2b) sehr prägnant zur Ausbildung. — Breite Ruderplatten sind aus den Füßen der Schildkröten entstanden, und bei den Arthropoden oder Gliederfüßlern in anderer Weise ausgebildet: Der Rückenschwimmer (Notonecta) z. B. besitzt an den Endgliedern des

stark verlängerten dritten Beinpaares lange, starre Borsten, die nur dem einen Zwecke dienen, das Fußende zu einer recht brauchbaren Ruderplatte auszugestalten. Ähnliche Einrichtungen — zum Teil in höchster Vollendung — finden sich an den Ruderantennen (Abb. 3) und Füßen mancher niederen Krebse, ja, selbst bei den Phyllopoden, die doch schon blattartig verbreiterte Schwimmfüße besitzen (Abb. 4), fehlen sie nicht.

Allgemeiner bekannt dürfte auch jene Konvergenzerscheinung sein, die sich an den winzigen Organismen, die als „Plankton" im Wasser flottieren, zeigt und dadurch charakterisiert ist, daß der Körper dieser „*Schwebeformen*" durch Ausbildungen langer Fortsätze oder durch analog wirkende Einrichtungen dem Auftriebe des Wassers eine möglichst große Angriffsfläche zu bieten sucht, wodurch ein Schweben im Wasser



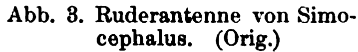


Abb. 3. Ruderantenne von Simocephalus. (Orig.)

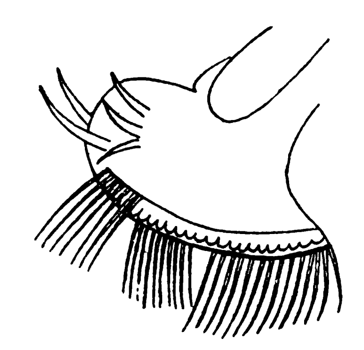


Abb. 4. Schwimmfuß einer Daphnia. (Orig.)

ermöglicht wird. Die so intensiv betriebenen Plankton- und Tiefseeforschungen der letzten Jahrzehnte haben uns mit einer großen Zahl solcher Formen bekannt gemacht, die besonders unter den niederen Krebsen (Abb. 5), den Radiolarien, den Peridineen (Abb. 6) und Diatomeen zu finden sind. Letztere beiden Gruppen werden zwar vom Botaniker mehr noch als in sein Bereich gehörig beansprucht als vom Zoologen. Trotzdem müssen wir ihrer hier mit gedenken, da sie jene Anpassung in genau derselben Weise zeigen wie die Vertreter des tierischen Planktons.

In anderer Weise erreichen die Grundfische eine Vergrößerung der Körperoberfläche. Ihr Körper ist seitlich zusammengedrückt, so daß der Typus der „*Flachfische*" entstand, wie ihn z. B. die Flunder zeigt, die bekanntlich im frühen Jugendstadium ein völlig symmetrisch gebauter Fisch ist, der erst allmählich die Flachform annimmt, wobei auch das eine Auge seitlich verrückt wird und schließlich neben das

andere auf die dunkler gefärbte Oberseite zu liegen kommt. — Solche Flachformen finden sich schon in der recht alten Gruppe der Rochen (Rajiden). Hier besteht aber nicht seitliche, sondern dorso-ventrale Abplattung. Die Brustflossen ziehen sich halbmondförmig an den Seiten

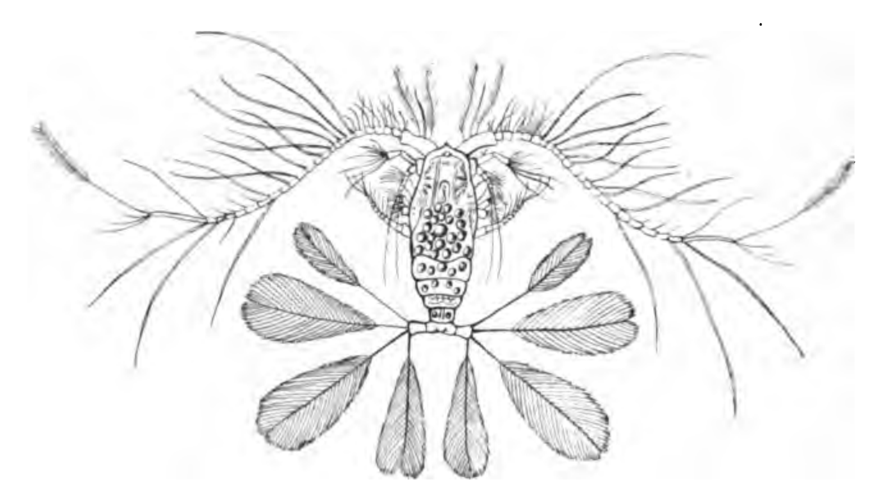


Abb. 5. Calanus pavo, ein dem Schweben im Wasser angepaßter Krebs. (Umrißzeichnung nach Haeckel).

des Körpers entlang, verschmelzen mit ihm und helfen dadurch, die Flachform noch sinnenfälliger zu machen. Dorso-ventrale Abplattung zeigen z. T. auch manche Knochenfische der Tiefsee, wie aus den instruktiven Bildern in Chuns Berichten über die Expedition der „Valdivia“

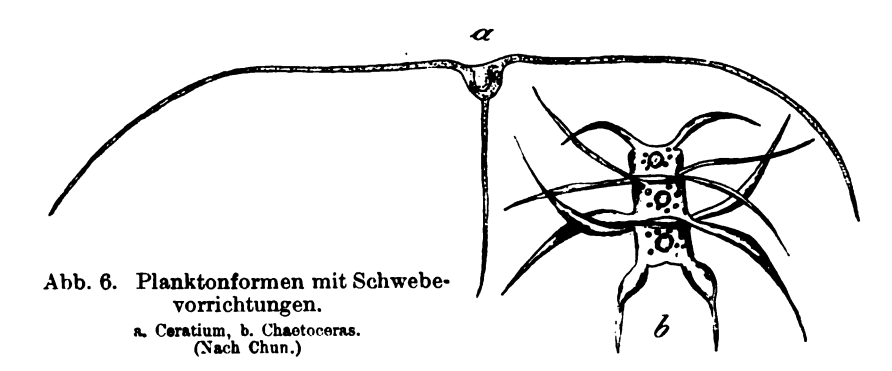


Abb. 6. Planktonformen mit Schwebevorrichtungen.
a. Ceratium, b. Chaetoceras.
(Nach Chun.)

leicht zu ersehen ist. Die Flachform ist also nicht auf eine einzelne Gruppe der Fische beschränkt, was für unsere Betrachtung von Wichtigkeit ist. Wir müssen sie als eine Anpassungserscheinung von vorwiegend auf dem Grunde lebenden Fischen ansehen; sie ist das Endziel einer

Konvergenzreihe, dem Angehörige der verschiedensten Ordnungen der Fische zustreben.

Bisher wandten wir unser Augenmerk ausschließlich den im Wasser lebenden Tieren zu. Behalten wir eine solche äußerliche Gruppierung der Konvergenzerscheinungen auch weiterhin bei, so können wir nun zu den Tieren übergehen, die in festeren Medien, z. B. Erde, Mulm, Holz u. ä., leben. Selbstverständlich finden wir hier auch eine andere Art und Weise der Anpassung. Die den verschiedenen Medien angepaßten Formen überraschen uns aber durch eine ganze Anzahl konvergenter Bildungen.

Zunächst ist es die Wurmform, die sich in sehr prägnanter Weise in den verschiedensten Tierklassen nachweisen läßt. Ganz abgesehen vom allbekannten Regenwurm und anderen typischen Würmern, finden wir ganz unerwartet diese Form auch in der so völlig anders organisierten Klasse der Mollusken und zwar bei den Muscheln. Der berüchtigte Schiffsbohrwurm, der Name deutet schon wieder die Konvergenz an, ist eine solche Wurmform. Auf den ersten Blick würde niemand in dem Tiere eine Muschel vermuten, weit eher einen weichhäutigen Wurm. (Abb. 7.) Nur das Vorderende zeigt noch die Rudimente der Schalen (C und D in der Abb.). Im Holze der Deichbauten und Schiffskörper, falls letztere nicht durch Metallplatten geschützt sind, treibt er sein gefährliches Werk. Daß er empfindlichen Schaden anrichten und Veranlassung selbst zu großen Dammbrüchen geben kann (Holland), lehrt ein Blick auf das in der Figur dargestellte, von seinen Gängen durchlöcherte Holzstück. — Andere konvergente Erscheinungen liefern die Larven ver-

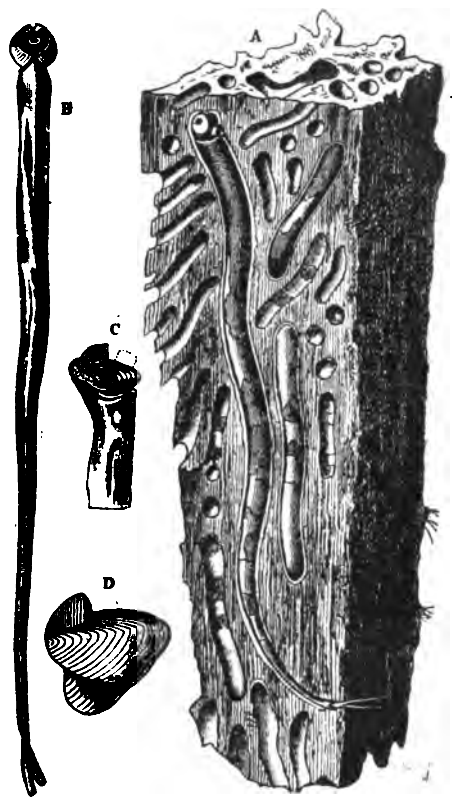


Abb. 7. Gemeiner Schiffsbohrwurm (Teredo navalis).

A Bohrgänge in einem Holzstücke; in einem derselben sitzt das Tier noch drin;
B das isolierte, aus seiner Kalkröhre herausgenommene Tier;
C Vorderende desselben, stärker vergrößert;
D äußere Fläche der rechten Schalenklappe, noch stärker vergrößert.

schiedener Insekten; ich erinnere nur an die Larve des Weidenbohrers, an den „Drahtwurm", die Larve des Saatschnellkäfers und an den all bekannten „Mehlwurm". Die Larve der Zuckmücke (Chironomus), die im Wasser lebt, ähnelt im äußeren Habitus und in der Farbe dem Bachröhrenwurme (Tubifex rivulorum). Selbst im feineren Bau der Insektenlarven zeigen sich konvergente Bildungen. In einer neueren Arbeit hat sich Leisewitz eingehend mit den chitinösen Körperanhangsgebilden beschäftigt und dabei recht interessante Beiträge zu unserm Thema geliefert. Leisewitz untersuchte die chitinösen Fortbewegungs-

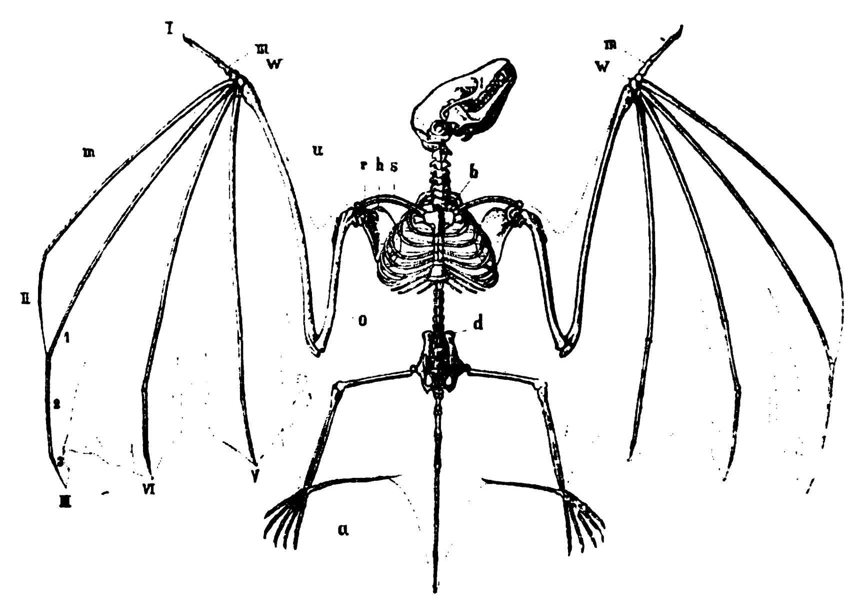


Abb. 8a. Skelett einer Fledermaus (Vespertilio murinus).
b Brustbein, s Schlüsselbein, h Schulterblatt, r Rabenschnabelfortsatz, o Oberarm, u Unteram, w Handwurzel, m Mittelhand, I—IV Finger, d Darmbein, a Fußsporn. Die Flughaut ist durch eine Punktlinie angedeutet. (Aus Graber.)

organe einer ganzen Reihe von Larven, besonders von fußlosen, und fand dabei ganz übereinstimmend, daß sich solche Chitingebilde nur bei den Larven finden, die eine etwas ausgiebigere Fortbewegung in Pflanzenteilen, Erde usw. ausführen, und bei diesen auch stets nur an den Körperteilen, die bei der Lokomotationsarbeit in Anspruch genommen werden. — Die Form der Fortsätze ist stets bedingt durch das Material, in dem die Larve haust. Harte, feste Materialien, die starken Widerstand bieten, führen überall zur Ausbildung starker Haare, kräftiger Dornen und Höcker. Hingegen veranlaßt ein grobkörniges, lockeres Material die Entstehung langer Haare, die oftmals zu mannigfach ge-

formten Borsten umgebildet werden. Als Hauptresultat ergab sich, daß der Einfluß der Tätigkeit auf die Ausgestaltung der Chitinfortsätze unter sonst gleichen äußeren Bedingungen den Einfluß der systematischen Verwandtschaft unbedingt überwiegt. Larven ganz verschiedener systematischer Gruppen zeigen sehr oft ähnlich geformte Chitinanhänge; nahe verwandte Formen können sich ganz verschieden verhalten. Treffen aber systematische Verwandtschaft und ähnliche Lebensweise zusammen, so tritt mitunter völlige Übereinstimmung ein. —

Andere Beispiele dafür, daß einzelne Organe eine konvergente Entwicklung zeigen, liefern z. B. auch die Grabfüße des Maulwurfs und der Maulwurfsgrille, die diesem Umstande ihren Namen verdankt. Unten werden wir noch eine ganze Reihe ähnlicher Beispiele besprechen müssen.



Ab. 8b. Pterodactylus spectabilis v. Meyer. (Aus Credner).

Alle diejenigen Tiere, die sich eigenmächtig in die Luft erheben und den Widerstand der Luft ihrer Fortbewegung dienstbar machen können, haben im allgemeinen in zweifacher Richtung das Flugvermögen erworben, entweder durch Flughäute oder durch sehr verschieden gestaltete Flügel.

Flughäute treten in der Entwicklungsreihe der Tiere frühzeitig auf, wie die in Jura und Kreide verbreiteten Flugsaurier beweisen. Die bekannteste Form derselben ist der Pterodactylus. Die Gestalt des Schädels und die pneumatische Beschaffenheit der Knochen erinnern zwar stark an die analogen Verhältnisse bei den Vögeln, doch unterscheidet er sich von letzteren auffällig durch den Mangel der Federn und der Flügel; eine Flughaut ermöglichte ihm ein Flattern nach Art der Fledermäuse. Eine vergleichende Betrachtung der Skelette beider Tiere (Abb. 8a und b) läßt die Ähnlichkeit in der Form der Flugorgane klar hervortreten, zeigt aber bei näherem Zusehen auch Unterschiede: während bei den Fledermäusen alle Finger — mit alleiniger Ausnahme des krallenartig hervorstehenden Daumens — zum Ausspannen der Flughaut benutzt werden, besorgt dieses beim Pterodactylus der übermäßig lange fünfte Finger allein.

Ein ähnliches Spreizen mit Hilfe der Finger zeigt der Flugfrosch (Rhacophorus pardalis) von Borneo, der außerordentlich verbreiterte Schwimmhäute zwischen den verlängerten Zehen besitzt und diese beim weiten Sprung von einem Baume zum andern als Fallschirm benutzen kann (Abb. 9a). Ganz analoge Fallschirme treffen wir noch unter den Reptilien bei dem fliegenden Drachen (Draconellus volans) von Java (Abb. 9b), der mit Hilfe einer breiten seitlichen Hautfalte, die durch die beweglichen Rippen gespannt werden kann, von Baum zu Baum fliegt. Breite seitliche Hautfalten besitzen endlich unter den Nage-



Abb. 9. a Flugfrosch, b Fliegender Drache.
(Umrißzeichnung aus Haeckel.)

tieren die Flugeichhörnchen (Pteromys). Hier müßten wir dann auch der fliegenden Fische gedenken, unter denen neben dem Flughahne (Dactylopterus) besonders das 1901 an der Südküste Sumatras gefangene „geflügelte Musenpferdchen" (Pegasus chiropterus) ganz auffällig zu Fallschirmen ausgebildete Brustflossen besitzt. Diese Fallschirme können als das Anfangsstadium der Flughäute angesehen werden. Wir finden also immer wieder dasselbe Prinzip bei Tieren aus den verschiedensten Klassen in derselben, äußerlich übereinstimmenden Weise durchgeführt und zweckentsprechend verwirklicht.

Unter den Beherrschern der Lüfte, den Vögeln, lassen sich eine ganze Anzahl konvergenter Reihen bilden, wenn man sie in bezug auf die Art und Weise des Fluges ansieht. Recht interessante Beispiele einer

solchen „Flugform" liefert die sogenannte „Schwalbenform", die den segelnden Vögeln eigen ist und häufig schon in der als Beiwort gebrauchten Bezeichnung „Schwalbe" zum Ausdruck kommt, ein Beweis, wie tief sich in diesem Falle die Konvergenz dem Volksempfinden eingeprägt hat (Abb. 10). Segler treffen wir in den verschiedensten Ordnungen: Schwalben, Segler (Mauerschwalbe), Seeschwalben, Möwen, Sturmvögel, Raubvögel (Gabelweih) und Stelzvögel (Brachschwalbe) liefern Beispiele. Die frühere Systematik wurde durch diese Konvergenzerscheinungen bestimmt, echte Schwalben und Segler sowie Seeschwalben, Sturmvögel und Möwen zu Gruppen zu vereinigen. Spätere anatomische Untersuchungen zeigten dann, daß diese mit ihrem „Schwalbenschwanz" und den langen, sichelförmigen Flügeln äußerlich so ähnlichen Formen

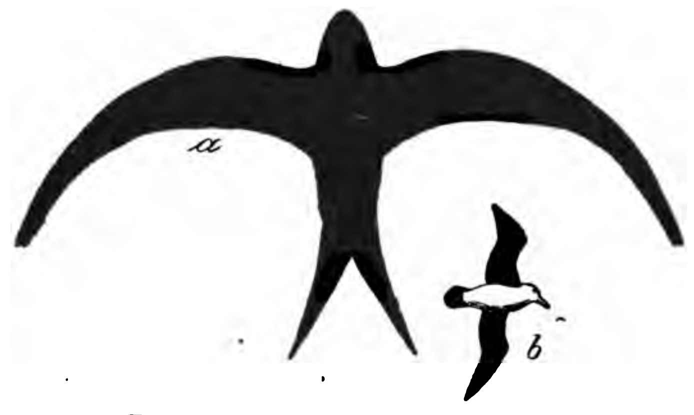


Abb. 10. Flugbilder: a Segler (Orig.), b vom schwarzweißen Albatroß (Diomedea melanophrys).
(Umriß nach Momentaufnahme aus Chun.)

gesonderte Familien bilden müssen. Besonders auffällig sind in dieser Hinsicht Gabelweih und Brachschwalbe: ein Raubvogel und ein Stelzvogel mit schwalbenartigem Habitus.!

Das Gegenstück zu den Seglern bilden die „Schwebeformen". Es sind dies Vögel mit großen, breiten Flügeln und breitem, abgerundetem Steuerschwanze, wie z. B. die in Schraubenlinien kreisenden Adler und von den Stelzvögeln besonders die Störche. Unter unseren einheimischen Raubvögeln gehört in erster Linie der allbekannte Mäusebussard hierher, dessen herrliche Flugspiele des Beobachters Herz erfreuen, wenn er scheinbar ohne Flügelschlag in langen Spiralen über den Wald dahinschwebt. Sein Flugbild gibt Abb. 11a wieder. Ich setze dasjenige des Turmfalken (Abb. 11b) zum Vergleiche daneben, das viel schlankere Formen, mehr sichelförmige Schwingen und ein schmales und

längeres Steuerruder zeigt. Das sind alles Äußerlichkeiten, die mehr an die bei den Seglern besprochenen Verhältnisse erinnern. Diese Form der Flugorgane gestattet dem Turmfalken auch eine Bewegungsart, die wir unter unseren Raubvögeln sonst bei keinem einzigen wiederfinden: er kann „rüttelnd", d. h. unter sehr schnellem Schlagen der Flügel und unter deutlicher Mitwirkung des langen Steuers, relativ lange Zeit auf einem Punkte in der Luft stillstehen. — Auch unter den Insekten treffen wir Schwebeformen, die Schwebfliegen (Syrphus), die auch in ähnlicher Weise wie der Turmfalke gerne rüttelnd in der Luft stehen.

Den Schwebeformen können wir die „Schwirrformen" anschließen, die sich uns in ausgezeichneter Weise in jenen großen Libellen (Anax und Verwandte) (Abb. 12b) repräsentieren, die mit raschelndem Flügelschlage über das Schilf dahinschwirren und im Flug ihre Beute ergreifen. Ebenso vollkommene Schwirrformen sind auch alle unsere Schwärmer,



Abb. 11a. Flugbild des hoch in der Luft schwebenden Mäusebussards. (Aus Schmeil).

Abb. 11b. Flugbild des Turmfalken. (Aus Schmeil.)

die diese Bewegungsart besonders schön beobachten lassen, wenn sie im Dämmerscheine lauer Sommernächte vor den langröhrigen Blüten der Nachtkerze oder des Jelängerjelieber, ohne sich festzusetzen, schwärmen und dabei mit ihrem sehr langen Rüssel den Honig dieser Blüten zu erbeuten wissen. Häufiger gelingt es, den Taubenschwanz (Macroglossa) (Abb. 12a) bei dieser Tätigkeit zu beobachten, da er auch am Tage schwärmt, pfeilschnell von einer Blüte zur andern schießt und in der geschilderten Weise Honig saugt. Ihm sehr ähnlich erscheinen gewisse Kolibriarten, die die Schwirrform unter den Vögeln repräsentieren. Die Übereinstimmung in der äußeren Form geht so weit, daß z. B. der Naturforscher Bates erzählt, er habe einmal einen Taubenschwanz tatsächlich als Kolibri angesehen, der über einer Blüte rüttelnd schwebe, und sei höchst erstaunt gewesen, als er seinen Irrtum erkannte. Man lese nur einmal die überzeugenden Beschreibungen in Brehms Tierleben über den Flug der Kolibris und seine täuschende Ähnlichkeit mit dem

gewsiser Schwärmer. Soweit geht hier die Ähnlichkeit im äußeren Habitus bei Formen, die so verschiedenen Tierstämmen angehören.

Bei den Tieren, die auf der Erde leben, lassen sich auch leicht konvergente Reihen in bezug auf die Organe der Fortbewegung auffinden. Ich erinnere nur an die Springer, Kriecher, Läufer und Kletterer unter den Tieren. Bei allen diesen Tieren übt die andauernde Tätigkeit, die einseitig eine der genannten Bewegungen bevorzugt, einen sehr deutlich hervortretenden, gleichartig gestaltenden Einfluß auf die betreffenden Organe aus.

Alle springenden Tiere stimmen darin überein, daß ihr Hinterkörper kräftig entwickelt und mit langen, durch stark ausgebildete Muskulatur verdickten „Springbeinen" ausgestattet ist. Der Floh, unsere Heuschrecken, die Frösche, Känguruhs und Wüstenspringmäuse bieten

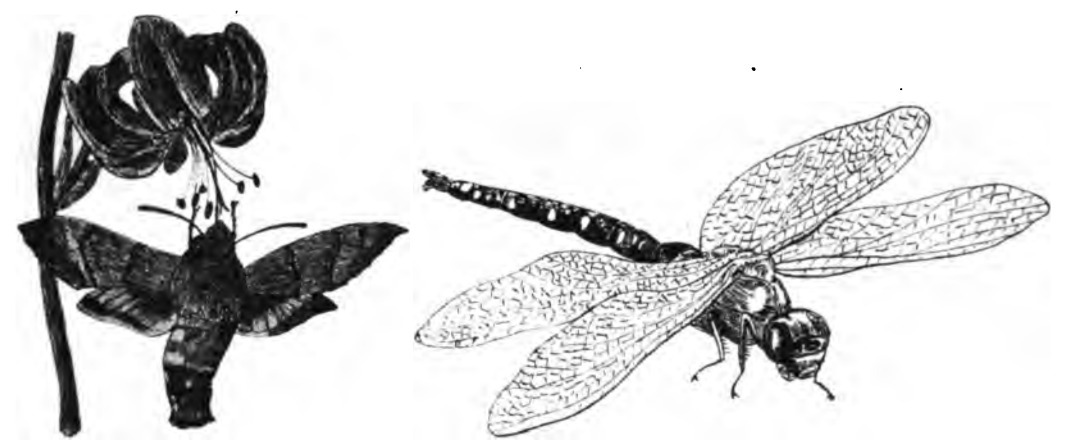


Abb. 12a. Taubenschwanz. Abb. 12b. Libelle.

bekannte Beispiele dafür. Letztere beiden, deren Habitusbilder ja so große Ähnlichkeit besitzen und geradezu als Paradebeispiele für die Konvergenzerscheinungen gelten können, sind außerdem noch in ganz übereinstimmender Weise mit „Springschwänzen" ausgestattet (Abb. 13). Sie benutzen den Schwanz nicht nur als Stütze beim Sitzen auf den Hinterfüßen, so daß die Stütze also genau die Form eines Dreifußes erhält, sondern sie schnellen sich auch mit seiner Hilfe stark nach vorwärts. Also nicht nur die starken Füße, sondern auch der Schwanz wirken wie Sprungfedern. Die anatomische Untersuchung eines Känguruhschwanzes gestattet eine Vorstellung von der Gewalt des Schwunges, der dem Körper durch die Mitwirkung des Schwanzes verliehen werden kann: die Knochenachse desselben ist mit breiten Querfortsätzen versehen, den Ansatzflächen der federkieldicken Sehnen, die die Wirbel gleichsam umspinnen.

Tiere mit kriechender Fortbewegung zeigen in ihrem Körperbaue ein äußerst ähnliches Bild: der Körper ist rund, in der Längsrichtung stark verlängert, fußlos oder mit sehr schwachen, kurzen Füßen ausgestattet. Sehen wir auch von den letzteren noch ab, so kommen wir zum Typus der schlangenähnlichen Tiere. Schlange und Blindschleiche, äußerlich so weit übereinstimmend, daß im Volke heutigentags die letztere immer noch als echte Schlange gilt, gehören zwei verschiedenen Ordnungen an. Schlangengestalt zeigen auch die Ringelechsen (Amphisbaenen) und die Blindwühler (Gymnophionen), von denen letztere zu den Amphibien gehören. Ja, der Riese unter den Ringelwürmern, der bis 2 m lange Megascolides australis, ist einer mittleren Schlange täuschend ähnlich. Auch bei einigen Fischen finden wir einen runden, schlangenähnlichen Körper, besonders bei Aal, Neunauge, Muräne, Tiefseefischen. Es sind dieses Formen, die meist am Grunde der Gewässer leben. Wer jemals in einem abgelassenen Teiche einen starken Aal sich auf dem Schlamme schlängelnd fortbewegen sah, dem prägt sich



Abb. 13. Wüstenspringmaus (Dipus). (Orig.)

die Übereinstimmung dieses Fisches mit Schlangen nach dem äußeren Habitus unauslöschlich ein.

Bei den Läufern unter den Tieren finden wir eine ganz augenfällige Übereinstimmung in den langen „Läufen", den — besonders bei den Hintergliedmaßen — sehr stark eingeknickten Gliedmaßen (vgl. Reh, Hase, Pferd), was die Wirksamkeit der Muskeln bedeutend erhöht, und der Hufbekleidung der Zehen, die nicht nur ein kräftiges Anstemmen auf dem Boden ermöglichen, sondern zum Teil auch vermöge ihrer scharfen Vorderkanten ein Erklettern steiler Abhänge (Ziege, Gemse usw.) gestatten. Das prägnanteste Beispiel einer Konvergenz aber bieten unter den Läufern Kamel und Strauß in der übereinstimmenden Ausbildung ihrer Beine. Es könnte fast aussehen, als seien die der einen Form denen der andern direkt nachgebildet (Abb. 14). Kamel und afrikanischer Strauß besitzen nur zwei Zehen, die mit kräftigen Hufen bzw. Horn-

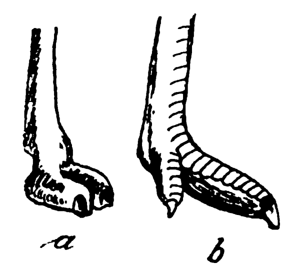


Abb. 14. Fuß von:
a Kamel, b Strauß.

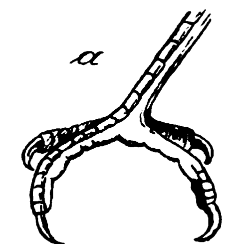




Abb. 15. Kletterfuß von: a Wendehals,
b Chamaeleon.

krallen versehen sind und unten schwielige Sohlen haben, die nicht nur das Einsinken in den Sand vermindern, sondern auch Schutzmittel gegen die Schärfe und Hitze des Wüstensandes sein sollen.

Was die kletternden Tiere anbetrifft, so finden wir bei ihnen analoge Ausbildung von Kletterfüßen, wie es uns z. B. Wendehals und Chamäleon in Abb. 15 zeigen. Doch wollen wir hiermit das Gebiet der Lokomotionsorgane verlassen und kurz noch jene Konvergenzerscheinungen betrachten, die wir an den Organen der Nahrungsaufnahme finden können.

Da ist es zunächst die Erscheinung der Schnabelbildung, die wir in verschiedenen Wirbeltierstämmen (Schnabeltiere, Vögel, Krokodile und Schildkröten, Fische) antreffen. Die Kiefer sind in die Länge ausgezogen und zumeist nur mit Hornplatten, seltener mit kurzen Zähnen besetzt. Für gewöhnlich wird immer angenommen, Schnäbel seien ein ausschließliches Privilegium der Vögel, doch eine kleine Umschau in den oben angeführten Tierstämmen lehrt das Gegenteil, und das ist nicht zu ver-

wundern; denn der Schnabel ist nicht nur ein sehr praktisches Fangorgan — besonders für alle Tiere, die in und am Wasser ihrer Nahrung nachgehen (Ente, Schnepfe, Schnabeltier, Schildkröte) —, sondern auch eine gefürchtete Waffe (Reiher, Rohrdommel usw.). — Welche Ähnlichkeit in der äußeren Gestaltung des Schnabels in den verschiedenen Wirbeltierstämmen herrscht, möge Abb. 16, die in Anlehnung an V. Graber entworfen ist, für eine Reihe bezahnter Schnäbel zeigen. Am meisten stimmen überein Gangeskrokodil (Gavialis gangeticus), ein Reptil, mit dem Knochenhecht (Lepidosteus osseus), einem Fische, und dem indischen Schnabeldelphin (Platanista gangetica), einem Säugetier. Daß auch die Vögel nicht gänzlich bezahnter Schnäbel entbehren, mag das darüber stehende Bild des Sägetauchers (Mergus merganser) beweisen, das recht gut zu dieser Reihe paßt.

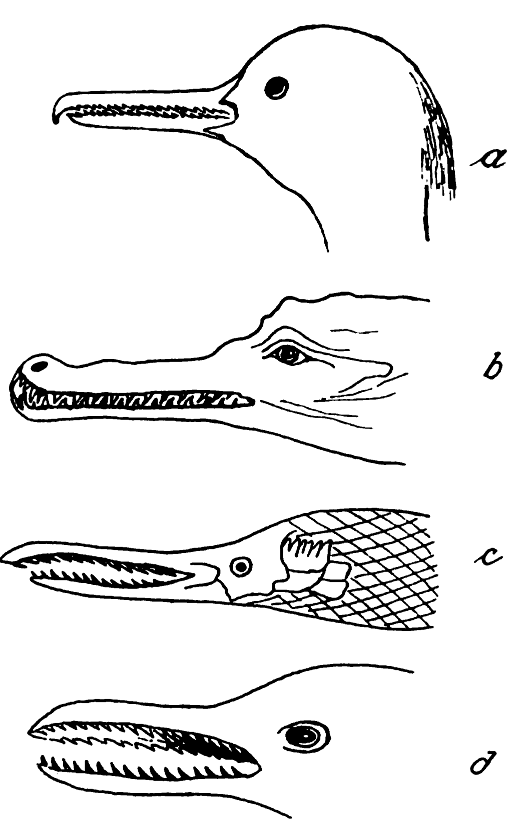


Abb. 16. Konvergente Schnabelbildung.
a vom Säger (Mergus merganser), b vom Gangeskrokodil (Gavialis gangeticus), c vom Knochenhecht (Lepidosteus osseus), d vom Schnabeldelphin (Platanista gangetica). (Nach V. Graber.)

In ähnlicher Weise ließe sich eine konvergente Reihe für Tiere mit rüsselartig verlängerter Schnauze (Spitzmäuse, Maulwurf, Schwein) bilden; dieser Hinweis mag genügen.

Doch nach einigen anderen Gesichtspunkten — unser Thema ist ja so vielseitig, daß es sich nicht im Rahmen einer kleinen Abhandlung auch nur annähernd erschöpfen ließe — müssen wir den Konvergenzerscheinungen im Tierreiche noch nachgehen. Sehr interessant sind die durch die intensiven Bemühungen zur Erforschung des Tierlebens der Tiefsee zutage geförderten Resultate. So zeigen z. B. d. Tiefseetiere in bezug auf die Ausbildung der Augen große Ähnlichkeiten mit den

Dämmerungstieren. Zunächst müßte man annehmen, daß die in den dunklen Tiefen des Ozeans lebenden Tiere nach Analogie zu den im finsteren Erdinnern und in Brunnenschächten und Höhlen lebenden nur rudimentäre Augen besitzen bzw. ganz blind sind. Dem ist zum Teil auch so, wenn dabei in erster Linie die Grundfauna berücksichtigt wird. Eine Reihe von Fischen und Krabben lassen alle Stufen der Rückbildung bis zum völligen Fehlen aller Bildungen der Sehorgane verfolgen. An den pelagisch lebenden Tieren aber konnten in vielen Fällen übernormal große Augen konstatiert werden, analog etwa wie wir solche Bildungen von Dämmerungstieren (z. B. den Lemuriden Madagaskars und den Eulen) kennen. Abb. 17 veranschaulicht diese Übereinstimmung von einem Tiefseefisch, einer Eule und einem Halbaffen. Auch Krebse der Tiefsee zeigen häufig solche anormal große Augen, unter denen der

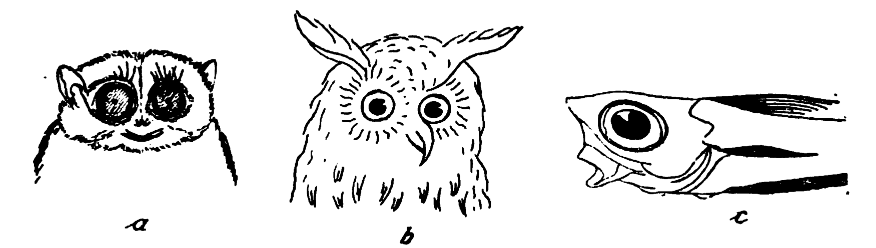


Abb. 17. Ausbildung großer Augen
bei a Koboldmaki, b Uhu, c einem Tiefseefische (Coelorhynchus fasciatus).
(Aus Chun).

interessanteste Fall an Cytitoma Neptuni beobachtet wurde, „dessen ungeheure Augen fast ein Drittel der Oberfläche des Tieres bedecken“.

Von allergrößtem Interesse aber ist es, daß sich eigentümliche Umbildung am Auge verschiedener Tiefseetiere, die zum sogenannten „Teleskopauge“ führen, auch bei Landdämmerungstieren nachweisen lassen. Zur Erläuterung des Baues der Teleskopaugen mag uns eine Abbildung Brauers dienen, der diese Gebilde bei den Fischen aus dem Material der deutschen Tiefseeexpedition von 1898 sehr eingehend untersucht und beschrieben hat (Abb. 18). Das Wesentliche im Baue dieser Augen liegt darin, daß die Verbindungsteile zwischen Cornea und Retina stark in die Länge gezogen sind, so daß das Auge ein fernrohrartiges Aussehen erhält und eine ganz beträchtliche Tiefe gewinnt. Diese Umbildung ist ohne wesentliche Beteiligung von Cornea und Sklera (Verbindungsteil) vor sich gegangen und nur durch Verschiebung der inneren Teile des Auges bewirkt, auf die wir hier nicht näher eingehen können. Sehen wir nun davon ab, daß es durch diese Verschiebung im Teleskopauge der Tiefseefische zur Bildung einer grund-

ständigen Haupt- und einer seitenständigen Nebenretina kommt, so finden wir ganz analog eine Vergrößerung der Längsachse beim Auge der Eule, wie der Längsschnitt Abb. 19a zeigt. Hier kommt nur neu hinzu, daß die Sklera durch besondere Knochen gestützt wird, die einen Ring bilden, der die fernrohrartige Ausbildung des Auges nur noch deutlicher hervortreten läßt (Abb. 19b). Nicht unerwähnt darf bleiben, daß typisch röhrenförmige Teleskopaugen auch bei einem Cephalopoden (Tintenfisch) und bei Krebsen der Tiefsee konstatiert wurden, ein weiterer Beweis, daß die eigenartige Anpassung an das Sehen in der Dämmerung in ganz verschiedenen Tierstämmen auftritt. Das Teleskopauge gestattet ein Ausnützen der wenigen Lichtstrahlen der Dämmerung. Daher konvergiert der Bau des Auges der Dämmerungstiere und jener in der Dämmerungszone der Tiefsee lebenden Fische, Krebse und Cephalopoden, durch deutlich erkennbare Zwischenstufen noch mit dem ursprünglichen Typus des Augenbaues verbunden, nach dem einen Punkte, dem Teleskopauge.

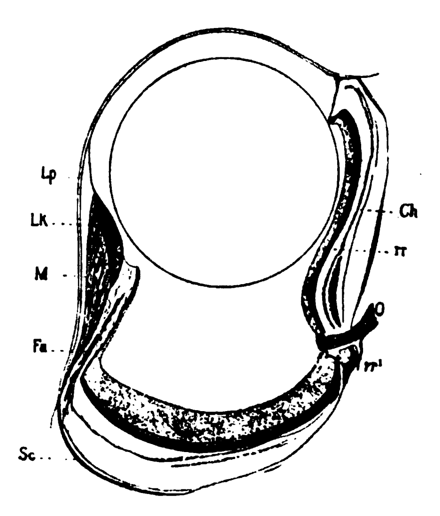


Abb. 18. Teleskopauge. Sagittalschnitt durch das ausgebildete Auge von Dissomma.

Lp Ligamentum pectinatum. Lk Linsenkissen. M glatter Muskel. Fa Fasern der Argentea. Sc Sclera. Ch Chorioidea. rr Nebenretina. rr¹ abgeschnürtes Stück der Nebenretina. (Brauer).

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse in bezug auf die Leuchtorgane der Tiefseetiere, die sich, alle ungefähr nach demselben Prinzip ausgebildet, bei Fischen, Ostrakoden (Muschelkrebsen) und Cephalopoden in herrlichem Scheine erglänzend und in höchst eigenartiger Verteilung auf die Körperregionen vorfinden. Alle dienen dem einen Zwecke, wenigstens einen Schimmer von Licht in die finsteren Tiefen zu tragen.

Zum Schlusse müssen wir noch auf ein Beispiel konvergenter Entwicklung eingehen, das seit langem schon als besonders beweisend angesehen wird: die Erscheinungen des Parasitismus. — Parasiten brauchen keine Fortbewegungsorgane, deshalb fehlen diese in allen ausgesprochenen Fällen. Dafür aber sind desto reichlicher alle Arten von Haftorganen (Saugnäpfe, Klammerorgane, Haken, Borsten usw.) ausgebildet. Allen denen, die von Gewebssäften umgeben sind, fehlt sogar der Darm; sie nehmen auf osmotischem Wege ihre Nahrung durch die

Haut auf (vgl. Bandwurm). Findet so durchgehends eine starke Reduktion der Körpergliederung bis zur Sack- oder Wurmform statt, so ist der Geschlechtsapparat der weiblichen Tiere um so vollkommener entwickelt. Ungeheure Mengen von Eiern müssen ja auch erzeugt werden, um bei der meist sehr komplizierten, oft mit Wirtswechsel verbundenen Entwicklung auch nur mit einiger Sicherheit die Erhaltung der Art zu sichern. Am häufigsten nehmen typische Parasiten wurmartigen Habitus an und liefern dadurch die klarsten Beispiele, „daß Tiere von ganz verschiedener systematischer Stellung unter gleichen Lebensbedingungen auch eine große Gleichartigkeit des Baues und der Erscheinung gewinnen." Tatsächlich sind eine ganze Reihe von Parasiten (Krustaceen, Arachnoiden und sogar Gastropoden) als Würmer lange Zeit angesehen.

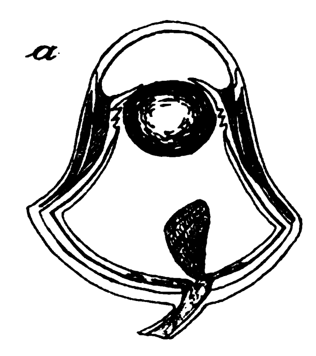


Abb. 19a. Längsschnitt durch das Auge einer Eule.



Abb. 19b. Skleraknochenring einer Eule. (11—16 Skleraknochen).

Erst die Entwicklungsgeschichte der Tiere zeigte dann in späterer Zeit mit untrüglicher Sicherheit, um welche Tiere es sich handelte und zu welchen Stämmen sie gehörten. Einige Beispiele mögen uns das noch erläutern.

Die in Abb. 20a dargestellte Taenia nona mag als Schema eines hochgradig reduzierten Parasiten aus der Familie der Bandwürmer gelten. Der Wurm wird nur 2—4 cm lang, kann daher auch im Bilde vollständig dargestellt werden. In neuerer Zeit beansprucht er deshalb größeres Interesse, weil er in Südeuropa nicht selten zu Tausenden im menschlichen Darme auftritt und zu nicht unbedenklichen Erkrankungen führt. Daneben ist ein Vertreter der Parasiten aus dem Stamme der Krebse gestellt, die zu den Copepoden gehörige Lernaeocera esocina, die auf dem Hechte schmarotzt. Wären die für weibliche Copepoden so typischen Eiersäckchen am Hinterleibsende nicht vorhanden, so würde niemand auf den ersten Blick in dem Tiere einen Krebs auch nur ver-

muten. Die große Bedeutung der Entwicklungsgeschichte für die Klärung der Frage nach der systematischen Stellung des Tieres zeigt sich hier in hellem Lichte, da sie mit überzeugender Sicherheit die Zugehörigkeit der Lernaciden zu den Krustaceen trotz ihres wurmförmigen Äußeren nachwies: Aus den Eiern kommen Larven mit drei Paaren Gliedmaßen und einem unpaaren Auge. Diese Larvenform kommt nur den Krebsen zu und heißt Nauplius. Aus diesem entwickelt sich dann das „Cyclopsstadium". Nun erst setzen sich die bisher frei umher-

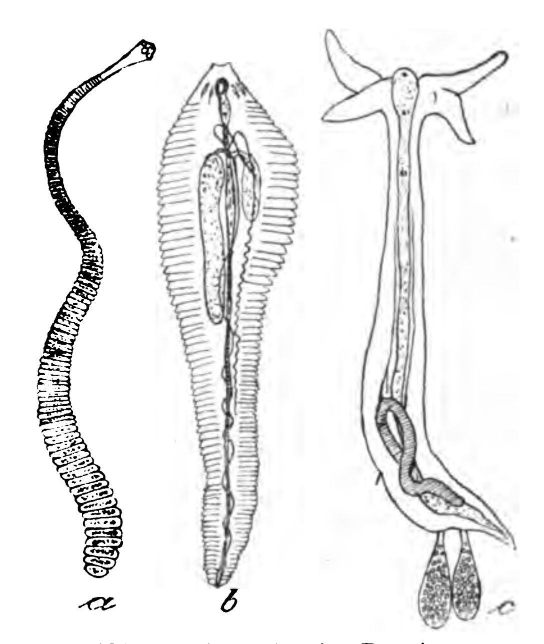


Abb. 20. Wurmförmige Parasiten.
a Taenia nona (nach Leuckart); b Pentastomum taenoides (Weibchen nach Leuckart); c. Lernacocera esocina (Weibchen nach Claus).

schwärmenden Larven fest, entwickeln Stechborsten und Stechrüssel, bohren sich fest in die Haut oder die Kiemen der Fische ein und werden zu so hochgradig zurückgebildeten Parasiten, wie unsere Abbildung sie zeigt. Allerdings entwickeln sich nur die Weibchen so weit, während die Männchen viel kleiner bleiben und sich in der Nähe der Geschlechtsöffnung beim Weibchen festklammern oder gar schon im Cyclopsstadium die Begattung vollziehen und bald absterben. Auch in einigen anderen Familien der Krebse ist Parasitismus in ähnlicher Form ziemlich verbreitet, so besonders bei den Rankenfüßlern (Cirripedien) und Asseln (Isopoden). — Unter den Spinnentieren (Arachnoiden) finden sich be-

sonders bei den Milben (Acarinen) viele Parasiten, von denen besonders die Haarbalgmilbe (Demodex folliculorum) wurmförmige Gestalt zeigt. Viel deutlicher tritt diese noch bei den ebenfalls den Arachnoiden zugegliederten „Zungenwürmern" (Linguatuliden) hervor, deren bekanntesten Vertreter Abb. 20b zeigt. Pentastomum taenoides, der Beiname zeigt schon an, daß es bei den älteren Zoologen als Bandwurm galt, schmarotzt besonderes in der Stirnhöhle von Hunden, und wer könnte dem Tiere seine Zugehörigkeit zu den Arachnoiden wohl ansehen? Seine abgeplattete Gestalt und die stark an die Proglottiden echter Bandwürmer erinnernde Ringelung lassen den Irrtum sehr verzeihlich erscheinen. Selbst unter den schalentragenden Mollusken suchen wir nicht vergeblich nach einem Parasiten mit wurmförmigem Habitus. Eine Schnecke (Entoconcha mirabilis) schmarotzt in der Leibeshöhle der Seewalze Synapta digitata. Äußerlich betrachtet besteht der Körper des Parasiten nur aus einem wurmförmigen, gewundenen Schlauche, der mit einem Ende am Darme des Wirtes befestigt ist, während der Schlauch im übrigen frei in der Leibeshöhle flottiert. Die Entoconcha galt lange Zeit als das einzige Beispiel einer parasitischen Schnecke, und Joh. Müller nahm von ihr noch an, sie werde durch Urzeugung im Körper der Holothurie erzeugt.

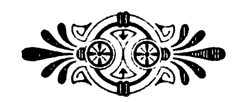
Erwähnt sei endlich noch, daß die durch die intensiven Forschungen der letzten Zeit in so überraschend großer Zahl (Wasmann führt 1263 Arten an) bekannt gewordenen Gäste und Parasiten der Ameisen in allmählicher und stufenweiser Anpassung an ähnliche Lebensverhältnisse auch „analoge biologische Typen zur Entwicklung gebracht haben", kurz konvergente Entwicklungsreihen zeigen, auf die aber einzugehen hier zu weit führen würde. Oben ist schon an einem Beispiele (Paussus) darauf hingewiesen.

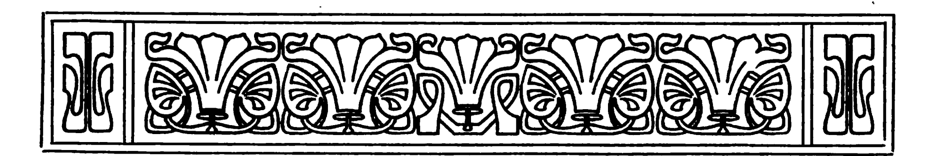
Auf den ersten Blick könnte es so scheinen, als seien die Konvergenzerscheinungen nichts anderes als etwa der Ausdruck für die Einheitlichkeit des Lebens; denn das setzt voraus, daß alle Organismen in gleicher Weise auf die äußeren Faktoren reagieren, sich überhaupt in gleicher Weise den Lebensbedingungen anpassen. Dem ist aber nicht so; denn ein etwas näheres Zusehen lehrt, daß viele andere Tiere, die in derselben Biosphäre leben — auch nahe Verwandte — nicht in gleicher Weise wie ihre Lebensgenossen in ihrem Entwicklungsgange konvergierten. Welches der Grund für diese eigenartige Erscheinung ist, bleibt zurzeit noch unerklärbar.

Die feststehende Tatsache der Konvergenz aber können wir uns durch folgende Überlegung verständlich machen: Gleiche Lebensbedingungen wirken in gleicher Weise auf die Organismen ein. Diese

gleichen Einwirkungen — bei Organkonvergenz gleicher Gebrauch — erzeugen bei Organismen noch so weit im Bau entfernter Typen Abänderungen und Anpassungen in einer ganz bestimmten Richtung, in der sie den einwirkenden Faktoren am besten gerecht werden können. Dauern die Einwirkungen fort, so wird die einmal eingeschlagene Richtung der Entwicklung auch bei den folgenden Generationen beibehalten und führt zu immer weiterer Vervollkommnung. Je nach den gegebenen Bedingungen können sich verschiedene Formen in gleicher Weise abändern, d. h. sie konvergieren nach einem Punkte.

Für den Ausbau der Systematik ist das Studium der Konvergenzerscheinungen von allergrößter Bedeutung; denn in nicht wenigen Fällen hat die große Ähnlichkeit im äußeren Habitus dazu geführt, Formen in besondere Klassen zu vereinigen, die gar nicht so nahe verwandt sind. Erst ein genaueres Studium der anatomischen Verhältnisse unter Zuhilfenahme der Ergebnisse der Entwicklungsgeschichte ermöglichte es, den betreffenden Formen ihre richtige Stellung im Systeme anzuweisen. In dieser Hinsicht wirkten also die Konvergenzerscheinungen direkt störend und hemmend auf die Entwicklung der Systematik ein, und auch heute noch muß ihnen deshalb eine eingehende Berücksichtigung gezollt werden.





Die relative Feuchtigkeit der Luft an der Riviera.

Von Geheimrat Professor **Koppe** in Braunschweig.

Im vorigen Frühjahre machte ich in Ospedaletti an der ligurischen Riviera die Bekanntschaft des dortigen Arztes, Cav. Altichieri, welcher einer meteorologischen Station vorsteht, die in seinem großen und freigelegenen Garten vorteilhaft aufgestellt ist, ungefähr 50 Meter hoch über dem nahen Meeresspiegel. Dr. Altichieri veröffentlicht seine meteorologischen Beobachtungen in einer klimatologischen Zeitschrift, „Ospedaletti hivernal", die er halbmonatlich während der „Saison" von Oktober bis Mai herausgibt. Da mich das auffallende Verhalten der relativen Feuchtigkeit interessierte, stellte er mir freundlichst einige Jahrgänge seiner Veröffentlichungen zur Verfügung. Eine Durchsicht derselben ergab, daß in Ospedaletti die relative Feuchtigkeit der Luft, abweichend von ihrem Verhalten an unseren Meeresküsten, im Winter weit geringer ist als im Sommer und daß dieselbe namentlich im Januar selbst in den Tagesmitteln mehrfach weit unter die Hälfte des Sättigungsgrades der Luft herabsinkt. An unsern Meeresküsten beträgt die relative Feuchtigkeit der Luft im Januar im Mittel 90%, im Mai 75%. Ein analoges Verhalten zeigt dieselbe auch an unseren Binnen-Stationen; sie beträgt dort im Mittel im Januar 80%, im Mai 65%. In Ospedaletti hingegen betrug die relative Feuchtigkeit der Luft im Mittel der drei letzten Jahre im Januar nur 61%, im Mai hingegen 73%. Die trockensten Tage im Januar der drei letzten Jahre sind in der folgenden kleinen Tabelle zusammengestellt mit gleichzeitiger Angabe der Tagesmittel für die Temperatur der Luft, der Windrichtung etc.

Meteorologische Beobachtungen in Ospedaletti.

Januar 1904—1906.

Datum	Tagesmittel der rel. Feucht. Prozent	Tagesmittel der Lufttemp. Grad	Bemerkungen
15. Jan. 1904	36	13	heiter u. Ostwind
18. „ 1904	34	10	„ „
19. „ 1904	36	8	„ „
1. Jan. 1905	30	4	heiter u. lebhafter Ostwind
2. „ 1905	31	3	„ „ „
27. „ 1905	40	10	leichter Ostwind
20. Jan. 1906	38	10	heiter u. lebhafter Ostwind
23. „ 1906	38	7	„ „ „
24. „ 1906	39	5	„ „ „

An unseren Meeresküsten sinkt das Tagesmittel der relativen Feuchtigkeit der Luft im Januar nicht unter 70 % und selten unter 80 %, in Ospedaletti dagegen mehrfach unter 40 % und ausnahmsweise selbst bis auf 30 %. Stundenweise ist die relative Feuchtigkeit der Luft dort noch wesentlich geringer, derart, daß empfindliche Atmungsorgane stark darunter zu leiden haben und Kranken durch Anfeuchten der Luft Erleichterung geschaffen werden muß, wie mir Dr. Altichieri mitteilte. Ospedaletti liegt zwischen St. Remo und Bordighera in einer windgeschützten Bucht. Gegen Nordwinde ist dasselbe durch die rasch ansteigende Bergkette der Apenninen vollständig gesichert; es gilt als einer der gegen rauhe Winde am meisten geschützten Orte der Riviera.

Um zunächst die Frage zu entscheiden, ob das vorgenannte Verhalten der relativen Feuchtigkeit der Luft eine nur lokale Erscheinung oder der ganzen Riviera als solcher eigentümlich sei, besuchte ich das meteorologische Observatorium in Genua, welches in der dortigen Universität gleichfalls auf ca. 50 Meter Meereshöhe untergebracht ist. Der Direktor des Observatoriums war auf einer größeren Reise begriffen, die Beobachtungen wurden mir aber bereitwilligst zur Verfügung gestellt. Eine Durchsicht derselben ergab, daß auch in Genua wie in Ospedaletti die relative Feuchtigkeit der Luft im Winter weit geringer ist als im Sommer. Der Monat Januar ist viel trockener als der Mai; einzelne Tage im Januar zeigen eine ganz auffallend geringe relative Feuchtigkeit der Luft, wie aus der folgenden kleinen Zusammenstellung der Tagesmittel etc. zu ersehen ist:

Meteorologische Beobachtungen in Genua.
Januar 1904—1906.

Datum	Tagesmittel der rel. Feucht. Prozent	Lufttemp. Grad	Bemerkungen.
15. Jan. 1904	22	12,5	Schwache Nord- u. Ostwinde, heiter
17. „ 1904	26	7,2	Starker Nordwind, fast heiter
19. „ 1904	36	5,1	Mäßiger Nordost, meist heiter
20. „ 1904	38	6,3	Starker Nordwind, fast heiter
1. Jan. 1905	37	0,9	Starker Nordostwind, fast heiter
2. „ 1905	37	2,4	Mäßiger Nordwind, „ „
13. „ 1905	15	7,7	„ „ heiter
14. „ 1905	25	8,7	Schwacher Nordostwind, „
28. „ 1905	34	4,2	Starker Nordwind, „
7. Jan. 1906	40	10,6	Mäßiger Nordwind, heiter
9. „ 1906	35	12,3	„ „ „
30. „ 1906	33	12,4	Schwacher Nordwind, fast heiter
31. „ 1906	26	12,7	Mäßiger Nordwind, heiter

Genua ist der windreichste Ort an der ganzen Riviera und wie alle diejenigen Orte, die an der Mündung eines größeren Quertales des Apenninen-Gebirges liegen, den nördlichen Winden stark ausgesetzt. Die relative Feuchtigkeit der Luft ist dort im Winter an einzelnen Tagen äußerst gering. Während in Ospedaletti das niedrigste Tagesmittel der letzten drei Jahre 30 % betrug, sinkt es in Genua an mehreren Tagen noch erheblich tiefer und am 13. Januar 1905 auf nur 15 %.

Da Genua sehr windreich, Ospedaletti hingegen sehr windstill ist und beide Orte mehr als 100 km voneinander entfernt sind, kann es nicht mehr zweifelhaft sein, daß vorgenanntes Verhalten der relativen Feuchtigkeit der Luft nicht eine örtlich begrenzte, sondern der Riviera in größerer Ausdehnung und wahrscheinlich in ihrer ganzen Länge eigentümliche Erscheinung ist. Worin aber liegt dieselbe begründet? Um über diese Frage Aufschluß zu erhalten, wandte ich mich mit einer diesbezüglichen Anfrage an das Zentralbureau für Meteorologie in Rom, dessen Direktor, Cav. Luigi Palazzo, in einem sehr freundlichen Schreiben folgende Auskunft erteilte. Das vorerwähnte Verhalten der relativen Feuchtigkeit der Luft in Ospedaletti und Genua ist eine der ganzen ligurischen Küste eigentümliche Erscheinung, die gerade in den letzten Jahren mit besonderer Deutlichkeit und Stärke aufgetreten ist wegen der großen Zahl klarer Wintertage. An der ligurischen Riviera kommen im Winter mehrfach längere Perioden heiteren, trockenen Wetters vor bei nördlichen und östlichen Winden. Nach der Gestalt der Isobaren

ist dann die Verteilung des Luftdruckes derart, daß die aus dem Norden und dem Po-Tale stammenden Luftmassen gezwungen sind, an der Bergkette des Ligurischen Apennin, der die Riviera-Küste als Bollwerk in weitem Bogen umgibt, emporzusteigen. Indem sie sich auf der Nordseite der Bergmassen zu immer größeren Höhen erheben, kühlen sie sich bedeutend ab und verlieren dabei mehr und mehr ihren Gehalt an Wasserdampf durch Niederschläge in Gestalt von Regen und Schnee. Nach Überschreiten der Bergmassen verwandelt sich die aufsteigende Bewegung der Luft in eine abwärtsgerichtete, welche naturgemäß von einer Erwärmung derselben begleitet ist, die mit abnehmender Meereshöhe immer größer wird, so daß diese Luftmassen, wenn sie an den Küstensaum der Riviera gelangen, relativ warm und trocken sind. Daher die große Zahl der sonnigen, warmen und trocknen Tage im Winter. In den Sommermonaten hingegen herrschen Süd- und Westwinde vor. Der Scirocco, ein trockner heißer Südwind in Sizilien und in geringerem Grade auch noch in Rom, hat bei seinem langen Wege über weite Meeresflächen immer mehr Feuchtigkeit aufgenommen und sich abgekühlt, wenn er zu den Küsten Liguriens gelangt, wo er dann häufiger zu Bewölkung, Gewittern und Regengüssen Veranlassung gibt. Daher die größere Feuchtigkeit der Luft im Frühling und Sommer an der ganzen Riviera.

Nach dieser Erklärung des Direktors Palazzo wird die größere Trockenheit der Luft an der Riviera in den Wintermonaten hervorgerufen durch eine Föhnwirkung der dann von Norden nach Süden wehenden Winde. Wenn südlich von der Riviera ein geringerer Luftdruck stattfindet, als nördlich von den sie im weiten Bogen umsäumenden hohen Gebirgskämmen, muß die Luft der Riviera nach Süden abfließen und die weiter nördlich über den Bergen befindlichen Luftmassen werden nachfolgen, um das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Wie die beiden im vorstehenden mitgeteilten kleinen Zusammenstellungen der trockensten Tage im Januar in Ospedaletti und Genua zeigen, herrschen an diesen in der Tat Nord- und Ostwinde in ausgesprochenem Maße. Auch die Tatsache, daß die Riviera di Ponente weit trockner ist als die Riviera di Levante — die Zahl der Regentage im Winter ist in Pisa nahezu doppelt so groß als in Nizza —, würde sich erklären aus dem Umstande, daß die vorgelagerten Gebirgsmassen im Westen höher sind und steiler ansteigen als im Osten des ligurischen Küstengeländes. Aber andererseits bilden gerade die Seealpen und der sich anschließende ligurische Apennin einen so mächtigen Schutzwall gegen alle nördlichen Luftströmungen, daß diese, wenn sie das Gebirge überschritten haben, erst meilenweit südwärts vom Strande bis zur Meeres-

fläche hinabgelangen, während die ganze Küste unter ihnen im Windschutze liegt. Die von Norden kommenden Luftmassen streichen hoch über den Küstensaum hinweg, an dem daher Windstille herrscht und ruhige See, während das Meer viele Kilometer von der Küste entfernt oft stark bewegt und aufgewühlt erscheint. Die beim Herabsinken aus größeren Höhen sich erwärmende und relativ immer trockener werdende Luft erreicht somit im allgemeinen das Küstengelände der Riviera gar nicht, und ihre Wirkung könnte daher nur eine sekundäre sein, abgesehen von den Orten, welche an der Mündung eines größeren und tiefer eingeschnittenen Quertales des schützenden Gebirges liegen und leichter von den Nordwinden zu erreichen sind, wie z. B. Genua und Savona.

Weiter dürfte zu berücksichtigen sein, daß die Wirkung des Föhn, namentlich wie derselbe in der Schweiz auftritt, physikalisch zwar ganz analog ist der hier besprochenen Erscheinung. Die Luft ist dort auch warm und trocken, ihre relative Feuchtigkeit sinkt bis auf 25% herab, aber die physiologische Wirkung ist eine durchaus verschiedene. Der Föhn in der Schweiz wirkt ermattend und erschlaffend, namentlich auch auf die Verdauungsorgane von Menschen wie Tieren. Die Pflanzen werden welk und lassen die Köpfchen hängen. Die trockne sonnige Luft der Riviera hingegen wirkt anregend auf das Nervensystem. Man fühlt in ihr sehr bald ein gesteigertes Bedürfnis nach kräftigerer Ernährung, und zwar in solchem Grade, daß viele der Riviera-Besucher wegen zu reichlicher Mahlzeiten in den ersten Wochen an Verdauungsstörungen leiden, wie mir Dr. Altichieri mitteilte. Von einer erschlaffenden Wirkung der trocknen Rivieraluft in den Wintermonaten kann keine Rede sein. Auch ein Salzgehalt derselben ist nicht bemerkbar. Ich hatte das Zentral-Bureau für Meteorologie in Rom auch um Auskunft gebeten, ob über das besprochene Verhalten der relativen Feuchtigkeit an der Riviera in italienischen Zeitschriften etc., irgendwelche Veröffentlichung erschienen sei. Direktor Palazzo verneinte dies mit dem Bemerken, daß es sehr im Interesse auch der vielen dortigen Wintergäste und Ärzte liege, das in mehrfacher Hinsicht auffallende klimatologische Verhalten der Riviera näher zu erforschen und klarzustellen, eine Aufgabe für Meteorologen und Ärzte der naturforschenden Gesellschaften, die ein umfassenderes gemeinsames Studium verlangt, auf welches hier nur hingewiesen werden kann.



Auslaufen westatlantischer Taifunwirbel an europäischen Gestaden.

Von **Wilhelm Krebs** in Großflottbek.

Die schweren Sturmerscheinungen des Herbstes 1906 an der Golf- und Floridaküste Nordamerikas, die als mittelamerikanische Taifune bezeichnet werden dürfen, haben die im „Globus" vom 5. August 1906 ausgesprochene Befürchtung vollauf bestätigt. Am 26. und 27. September 1906 wurden die Golfhäfen Pensacola, Mobile und New Orleans, vom 17. bis 19. Oktober 1906 Kuba, Florida und besonders die zu ihnen gehörenden küstennahen Inseln heimgesucht. Dieser Taifun ließ seine mittelamerikanische Herkunft vor allem daran erkennen, daß er selbst oder Zwillingserscheinungen einige Tage vorher die südlichen, unter dem Winde gelegenen Antillen sowie die mittelamerikanischen Staaten Guatemala, San Salvador und Honduras heimgesucht hatten, besonders am 14. Oktober 1906 die niederländische Antilleninsel Curacao.

Die Schäden des Golftaifuns im September 1906 wurden auf 50 Millionen Dollars (210 Millionen Mark) und mehrere Hundert Menschenleben angegeben. Vor allem wurde zahlreichen Schiffen, die in jenen Häfen ankerten, der Untergang gebracht. Die Taifunschäden Mittelamerikas im Oktober 1906 wurden vollständig bisher auch nicht schätzungsweise gemeldet. In Guatemala und Honduras wurden sie auf „Millionen Dollars", in Kuba allein an der Zuckerernte auf fünf Millionen Dollars beziffert. Große Verluste an Ernte und Vieh meldete auch San Salvador. Dazu treten Schäden an Gebäuden, Schiffen und an den von diesen beförderten Waren. Mehr als 100 Millionen Mark dürften schließlich auch hier herauskommen. Vor allem war aber der Verlust an Menschenleben schwerer als beim Golftaifun, da er von der New Yorker „Sun" auf 1500 geschätzt wurde.

Die Schäden waren also bei beiden Stürmen beträchtlicher, die Menschenverluste glücklicherweise aber weit geringer als bei dem Sturme, der am 8. September 1900 Galveston durch Sturmflut zerstörte. Denn hier wurde der Materialschaden auf etwa 84 Millionen Mark, der Menschenverlust dagegen auf mehr als 5000 angegeben.[1]) Doch betreffen diese Angaben von 1900, wie auch jene von 1906, nur den mittelamerikanischen Bereich ihres Wütens, einschließlich der Golf- und Floridaküste. Allen drei Sturmerscheinungen war gemeinsam, daß sie einen weiteren Weg nach Norden, also, je nach ihrem Eintreffen, entweder entlang dem Mississippigebiete oder entlang der atlantischen Küste Nordamerikas nahmen.

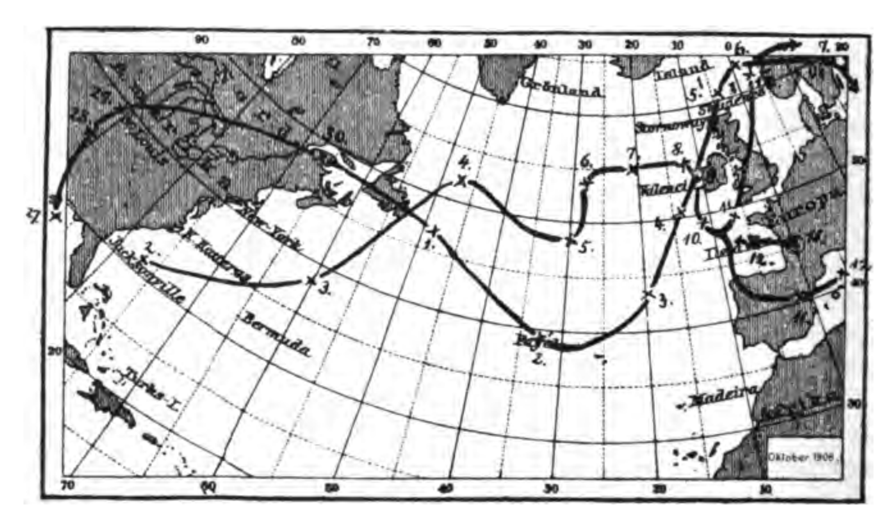
Die größte Ähnlichkeit besaß in dieser Beziehung mit dem Galvestontaifun vom September 1900 der Golftaifun vom September 1906. Die nach den Angaben von Landstationen beiderseits des Nordatlantik und nach Schiffsberichten entworfenen Luftdruck- und Windkarten des Internationalen Dekadenberichtes der Deutschen Seewarte lassen erkennen, daß das Sturmtief des Golftaifuns, ganz ebenso wie das des Galvestontaifuns, zwei Tage nach der Landung an der Golfküste eine Stelle südwestlich des Gebiets der Großen Seen erreicht hatte, von der aus es nach östlicher Richtung abschwenkte. Über den weiteren Weg auf dem Nordatlantik, der demgemäß bei Neufundland wieder erreicht wurde, kann für den Golftaifun von 1906 bessere Auskunft erlangt werden als für seinen Vorgänger von 1900. Denn damals brachten jene Dekadenberichte nur eine graphische Zusammenstellung der von den Schiffen gemeldeten Luftdruck-, Wind- und Temperaturwerte. Seit März 1904 werden dagegen für 8 Uhr morgens Ortszeit tägliche Luftdruckkarten des nordatlantischen Gebietes veröffentlicht, in denen die übrigen Werte eingetragen sind. Diese Karten, die schon den Weg des Taifuntiefs vom 27. bis 29. September 1906 ergaben, ließen am 30. September 1906 ein Tief über Neu-Braunschweig erkennen und während der ersten Oktobertage eine Folge von Tiefs über dem Nordatlantik.

Bemerkenswert erschien an dieser Folge, daß ihre Etappen verhältnismäßig weit auseinander lagen, vom 29. zum 30. September um 2000, vom 1. zum 2. Oktober um mehr als 1500 Kilometer. Das Taifuntief bewegte sich also mit großer Geschwindigkeit über das Meer dahin. Erst nach dem Passieren der irischen und schottischen Westküsten, vom 4. bis 5. Oktober 1906, verlangsamte sich die Fortbewegung beträchtlich. Ein Grund gegen die Zusammengehörigkeit der einzelnen Tiefs mit dem

[1]) Nach Greim, Globus Bd. 79, S. 32. Jachmann gibt in den Annalen der Hydrographie 1901, S. 218, den Schaden zu 96 Millionen Mark, den Menschenverlust auf 6000 an.

Golftaifun ist aus dieser großen Geschwindigkeit der Fortbewegung keineswegs zu entnehmen. Auch ein drei Tage später nachfolgendes Tief, das, seiner Herkunft etwas nördlich der Bahama-Inseln gemäß, gleicherweise als dasjenige eines Taifuns angesprochen werden darf, legte an den beiden ersten Tagen ebenfalls Strecken von mehr als 1500 Kilometern zurück. (Vgl. Karte).

Die große Geschwindigkeit dieses zweiten Tiefs mußte noch besonders deshalb auffallen, weil es sich, entgegen den Schlüssen, zu denen Garriot aus der Bewegung des Galveston-Taifuns gelangt war, [1]) in das nordöstlich gelegene Hochdruckgebiet, das sich im Rücken des Golftaifuns einstellte, geradezu einfraß, anstatt nach westlicher Richtung abgelenkt zu werden.



Die Zugstraßen des Golf- und des Bahama-Taifuns im Oktober 1906.
Nach der Karte des Internationalen Dekadenberichtes der Deutschen Seewarte, entworfen von Wilhelm Krebs.

Vom 2. bis 4. Oktober 1906 schien es überhaupt genau demselben Bewegungsgesetze zu folgen, dem der Golftaifun unterworfen war. Die beiderlei Bahnen weisen den gleichen, nach Nordwesten offenen Bogen auf. Nach dem 4. Oktober sind die Tiefs aber nahe genug aneinander geraten, um sich gegenseitig zu beeinflussen. Das vordere, östliche ging nach nordöstlicher Richtung weiter, das hintere, westliche schwenkte nach südöstlicher Richtung ab. Am 5. Oktober kam es in der Folge den Azoren so nahe, daß es den dortigen Gewässern einen Sturm brachte, durch den verschiedene Schiffe gezwungen wurden, Nothäfen anzulaufen. [2])

[1]) Greim a. a. O. S. 33.

[2]) Nach einem Telegramm aus Lissabon vom 9. Oktober 1906.

Sehr scharf trat in diesem Umstand ein Gegensatz zwischen den beiden Taifuntiefs entgegen. Der Golftaifun, der am 2. Oktober 1906 die Azoren selbst durchkreuzt hatte, hatte der Station Horta auf Fayal nur mäßige Winde gebracht.[1]) Durch den vorhergehenden Überlandweg war er anscheinend, gegenüber dem nachfolgenden Sturmwirbel, der bisher nur den Seeweg verfolgt hatte, entkräftet. Auch auf den britischen Inseln und über Skandinavien ging der Golftaifun ohne erhebliche Erscheinungen vorüber. Erst im europäischen Rußland äußerte er einigen Einfluß durch die dort nicht eben gewöhnlichen Niederschlagsmengen von 10 bis 14 Millimetern, die er einigen südrussischen Stationen brachte. Hermannstadt im benachbarten Siebenbürgen wurde an den gleichen Tagen, vom 9. zum 10. Oktober 1906, mit 31 Millimetern beteiligt.

Das nachfolgende Tief, das vielleicht wieder infolge größerer Annäherung an jenes westlich der britischen Inseln nach südlicher Richtung abgeschwenkt war, wurde am 10. Oktober 1906 einem Vorgang unterworfen, der dem südlichen Frankreich noch erheblich schwerere Niederschläge bringen sollte. (Vgl. die Karte). Unter dem Einfluß der pyrenäisch-kantabrischen Wetterscheide, über die seine südlichen Ausläufer übergriffen, wurde ein Teiltief über Spanien abgegliedert, das den Weg nach dem Mittelmeere einschlug. Östlich dieser Wetterscheide gelangten seine nördlichen Druckrinnen aber zur Interferenz mit den südlichen des mit seinem Zentrum inzwischen bis zum atlantischen Eingange des Kanals vorgedrungenen Haupttiefs.[2]) Die Folge war die Ausbildung eines sogenannten Hochwassertiefs, das am 10. bis 11. Oktober 1906 südfranzösischen Stationen Niederschläge von 34 bis 64 Millimetern innerhalb 24 Stunden brachte. Auch am 11. Oktober 1906 scheinen sich diese Niederschlagskatastrophen fortgesetzt zu haben. Denn ein Pariser Zeitungstelegramm vom 12. Oktober 1906 meldete aus Südfrankreich „Regenströme, begleitet von einem Sturm, der Bäume entwurzelte und Telegraphenstangen umwarf. In der Touraine gingen schwere Gewitter nieder, die an verschiedenen Orten in den Weinbergen großen Schaden angerichtet haben sollen."

Infolge der seit Wochen und Monaten anhaltenden Trockenheit war

[1]) Tägliche Wetterberichte der Deutschen Seewarte. Dieser Veröffentlichung sind auch die folgenden Zahlenangaben entnommen.

[2]) Vgl. die Darstellungen atmosphärischer Interferenz-Vorgänge in den meteorologischen Jahresberichten des Verfassers im „Globus" Bd. 85, S. 28 bis 29 und Bd. 87, S. 318 bis 320, ferner im „Archiv der Deutschen Seewarte" 1901, in den „Verhandlungen Deutscher Naturforscher und Ärzte" 1899, 1902, 1903, 1904, 1905 und in den „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft" 1904, 1905, 1906.

glücklicherweise dort die Weinernte fast überall beendet. Auch sonst scheinen nennenswerte Hochwasserschäden nicht angerichtet worden zu sein. Dafür war das neue Tief zu wenig stationär. Merkwürdigerweise wanderte es aber nach westlicher, nicht nach östlicher Richtung aus. Es lag am 12. Oktober mit seinem Zentrum mitten über dem Golf von Biskaya.

Auch hierfür ist aus der Karte der Zugstraßen dieser Tiefs eine Erklärung zu entnehmen. Das Haupttief hatte sich am 11. Oktober auf das Beispiel seines Vorgängers besonnen. Es war sogar noch nördlicher, nach scharf nordnordöstlicher Richtung abgeschwenkt. Seine Druckrinnen vermochten unter diesen Umständen der nach Westen gerichteten Tendenz der südländischen Druckrinnen einen hinreichenden Gegenantrieb nicht zu bieten. Das Hochwassertief war vom Haupttief mehr und mehr dem vollen Einflusse des südländischen Nebentiefs überlassen.

Auch auf dem weiteren Wege durch europäische Gewässer bewährten beide Tiefs ihre Herkunft von dem westatlantischen Sturmwirbel. Auf der Nordsee herrschte vom 12. bis 14. Oktober 1906 „schweres Sturmwetter", von dem der dänische Fischdampfer „Hertha" und der deutsche Heringslogger „Anselm" hart mitgenommen wurden. Schon am Abend des 12. Oktober verzeichneten Ostseestationen stürmische Winde. Am 14. Oktober erließ auch die Deutsche Seewarte eine Sturmwarnung. Dem norddeutschen Binnenlande kamen hauptsächlich schwere Niederschläge zu, stürmische Winde anscheinend nur dem Oberharz.

Das Mittelmeertief brachte noch kräftigere und verhängnisvollere Wirkungen hervor. Am 15. Oktober wurde nach Zeitungsnachrichten durch tornadoartige Gewitterstürme bei Neapel ein Haus in Torre del Greco zum Einsturz gebracht. Bei Messina wurden eine Anzahl Gebäude, ferner Telephon- und Telegraphenleitungen und mehrere Schiffe beschädigt. Bei Brindisi erlitt die italienische Flotte schwere Sturmschäden, auch einen Menschenverlust. Die schwersten Schäden wurden aber durch starke und anhaltende Niederschläge veranlaßt, die über Italien, besonders am 14. und 15. Oktober 1906 fielen. In dem von vulkanischer Asche überschütteten Vesuvgebiet bildeten sich Schlammlawinen, von denen der Bahnverkehr auf Lokal- und Staatslinien unterbrochen wurde. Einer dieser Schlammströme begrub im Dorfe Bianchini sogar ein Bauernhaus mit seinen Bewohnern. Mit diesen Leistungen über Italien scheint sich die Wut des südländischen Sturmtiefs erschöpft zu haben. Von der Balkanhalbinsel meldete nur die dalmatinische Station der Insel Lesina vom 15. und 16. Oktober 1906 Gewitter mit 40 Millimetern Niederschlag. Belgrad verzeichnete ebensowenig wie in der Folge russische Stationen irgendwelche besonderen Wetterkatastrophen.

Die Schiffsberichte der zweiten Dezember-Dekade 1900 gestatten, das Tief des Galveston-Taifuns in ähnlicher Weise über den Nordatlantik zu verfolgen.[1]) Vom 12. zum 13. September 1900 mit seinem Zentrum auf den atlantischen Gewässern südlich von Neufundland eingetroffen, erwies es sich, ganz wie das Tief des Golftaifuns 1906, durch den mehrtägigen Überlandweg so geschwächt, daß es den Luftdruck kaum unter 752 Millimeter, die Windstärke kaum über 7 stark bis stürmisch brachte. Beteiligt waren an jenen Schiffsberichten hauptsächlich die auf der Rückreise befindlichen deutschen Dampfer „Angria", „Maine", „Canadia" und „Lahn". Ob ein Luftdruck von 745 Millimeter und ein Westsüdweststurm von Stärke 8 (stürmisch), den der Dampfer „Lahn" unter 20° westlicher Länge und etwa 50° nördlicher Breite am 17. September antrat, diesem Taifuntief angehörte, muß zweifelhaft bleiben, da dafür ein starkes Ausbiegen seiner Bahn nach Süden und eine vorübergehende starke Beschleunigung seines Fortschreitens angenommen werden müßte.

Am 18. September 1900 lag es Europa am nächsten, etwa halbwegs zwischen Schottland und Island. Es entsandte aber ziemlich ausgeprägte Druckrinnen über West- und Mitteleuropa, die dort Niederschläge wohl gewitterhafter Art veranlaßten.[2]) Biarritz u. a. verzeichnete am 19. September 33 Millimeter, Helgoland 2 Millimeter, aber mit Gewitter. Das Auffrischen der Luftströmungen war unbedeutend. Die größte Windstärke verzeichnete am Morgentermin des 19. September die norwegische Station Skudesmis mit S 6 (stark). Aber ganz wie bei dem späteren Golftaifun folgte auch dem Galvestontaifun nach wenigen Tagen ein stärkeres Tief vom Nordatlantik her, das den britischen und vor allem den norwegischen Küsten kräftigere Winde, diesen Küsten am 20. und 21. September 1900 mehrfach bis Stärke 8, brachte.

Nicht unmöglich ist aber, daß dieses nachfolgende Tief einer Folge von Sturmerscheinungen angehört, die in noch interessanteren Beziehungen zum Galvestontaifun trat. Am 7., 10. und 13. September 1900 wurden die deutschen Schiffe „Ostara", „Ammon" und „Arthur Fitger" nordwärts von den Cap Verdischen Inseln nacheinander von einem heftigen, schnell vorübergehenden Sturmwirbel überfallen, der besonders das Vollschiff „Ostara" hart mitnahm; „ein kaum vier Jahre altes Schiff mit schwerem, kräftigem Takelwerk, wurde zum vollständigen Wrack gemacht, und dies alles in einer Viertelstunde". Vom 6. zum 7. September 1900, als dieses Tief entstanden sein muß, machte aber der Galvestontaifun,

[1]) Internationaler Dekadenbericht der Deutschen Seewarte 1900.

[2]) Vgl. Anm. 4.

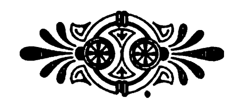
anstatt nach Norden über Florida weiter zu schreiten, unter zunehmender Stärke seine scharfe Wendung nach Westen. Am 7. September 1900 lag er etwa in der Länge der Mississippimündung genau 60 Längengrade westlich des „Ostara“-Taifuns, der das stärkste seiner beobachteten Tiefs mit 734,2 Millimetern damals auf 14° 12′ nördlicher Breite und 30° 17′ westlicher Länge aufwies. Die Vermutung Garriots, der Galvestontaifun sei durch das Hochdruckgebiet im Norden nach Westen abgelenkt worden, ist schon durch das erwähnte Verhalten des Bahamataifuns vom 2. Oktober 1906 erschüttert. Vielleicht darf sie durch allerdings noch rätselhafte Verhältnisse der Erdatmosphäre im Ganzen ersetzt werden, die an stehende Eigenschwingungen dieser Atmosphäre erinnern. Denn in der Zeit vom 1. bis 11. September 1900 berichtet auch Alguá in seiner Monographie der philippinischen Taifune von einem solchen, der von den westlichen Karolinen bis zur südchinesischen Küste verfolgt wurde und etwa am 7. September 1900 ungefähr über Luzern, also etwa 120 Längengrade östlich von Gr. wütete.[1])

Eine solche Verteilung von Sturmtiefs, in abgemessenen Zwischenräumen — vielfachen von 30 Grad — um den Erdenrund, ist öfter bei Taifunen bemerkt worden. Sehr ausgeprägt trat sie auch gelegentlich des Golftaifuns von Ende September 1906 entgegen. Am 28. und 29. September 1906 wurde zwischen Hoihoue auf Hainan und Hongkong der englische Dampfer „Charterhouse“ von einem Taifun zum Untergang gebracht, wahrscheinlich von demselben Sturm, über dessen Verwüstungen an Land ein Telegramm vom 2. Oktober aus Macao berichtete. Am 27. und 28. September wurden Portugal, Spanien und Algerien und ferner das Schwarze Meer von heftigen Stürmen heimgesucht. Am 29. oder 30. September 1906 fiel in der Cookstraße zwischen der Nord- und Südinsel Neuseelands das Barkschiff „Lutterwerth“ einem schweren Sturme zum Opfer. Unter nahezu gleicher Nordbreite wurde am 2. Oktober 1906 bei San Pedro Sturm gemeldet. Die Längen betragen, von Greenwich nach Osten gerechnet, etwa 120°, 0°, 30°, 180°, 240°, für den Golftaifun selbst 270°. Die Fehler erreichen nur bei einigen dieser Stellen 5 Längengrade, während ja andererseits die Stellen der Sturmtiefs, vor allem die Stellen ihrer Entstehung oder Verstärkung, ebenfalls nicht genau getroffen werden können.

[1]) J. Alguá, The cyclones of the far east. Manila 1904, Pl. XXII. Die Reports der China Imperial Maritime Customs für 1900 erwähnten diesen Taifun leider nicht. Canton und Kiungchou (Hainan) brachten überhaupt keine Taifunberichte. Kowlun berichtete lediglich von einem Novembertaifun. An der chinesischen Küste muß dieser Taifun also in stark geschwächtem Zustande gelandet sein.

Die Sonnentätigkeit dieser Epoche war dadurch ausgezeichnet, daß sich vom 27. zum 28. September 1906 in der Nähe des Zentralmeridians auf der Nordhalbkugel einige Flecken entwickelten, die später, am 7. Oktober, als recht stattliche Gruppe am Westrande der der Erde zugekehrten Sonnenscheibe verschwanden. Die Vermehrung der Taifungefahren zur Zeit gesteigerter Sonnentätigkeit ist allgemein aus der Vergangenheit nachgewiesen und vor allem durch die beiden letzten Jahre höchstgesteigerter Sonnentätigkeit in ungemein schlagender Weise bestätigt. Das auffallende Zusammentreffen von Sturmerscheinungen um den ganzen Erdenrund mit einem der ausgeprägtesten Einzelzüge erhöhter Sonnentätigkeit und überdies jene Regelung nach zahlenmäßig fast genau bestimmten Abständen erinnert an ähnliche Beobachtungen bei erdmagnetischen Stürmen.[4]) Vielleicht ist hier eine Spur aufgedeckt zur genaueren Erkenntnis des Wesens einer der furchtbarsten Geißeln des Menschengeschlechts.

[4]) Vgl. des Verfassers Abhandlungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von erdmagnetischen Störungen und Sonnenflecken in No. 4088 der „Astronomischen Nachrichten“ (Kiel) und in Bd. 7, Heft 9 der „Physikalischen Zeitschrift“ (Leipzig).





Die Radioaktivität von Asche und Lava des letzten Vesuvausbruches.

Herr August Becker in Kiel veröffentlicht in den Annalen der Physik (20, 634 bis 638, 1906) die Ergebnisse von Untersuchungen, die er über die Radioaktivität von Asche und Lava angestellt hat, welche von dem letzten Vesuvausbruche im April v. J. herrühren. Diese Versuche sind besonders interessant im Hinblick auf die verschiedenen, bezüglich der Verteilung radioaktiver Stoffe im Erdinnern aufgestellten Hypothesen. Es dürfte daher wohl angebracht sein, hier etwas näher auf den Inhalt der genannten Arbeit einzugehen.

Durch zahlreiche Untersuchungen verschiedener Forscher ist die allgemeine Verbreitung radioaktiver Stoffe im Erdboden nachgewiesen worden, und es entstand nunmehr die Frage, ob etwa diese radioaktiven Bestandteile der Erde für die Erklärung der Erdtemperatur zu berücksichtigen seien. Nach dieser Richtung hin sind bereits mehrere Arbeiten theoretischer wie experimenteller Art ausgeführt worden. So hat im Jahre 1904 Herr Liebenow berechnet, daß eine Menge von ungefähr 2×10^{-7} Gramm Radium in einem Kubikmeter zum Ersatz für die von der Erde dauernd durch Leitung abgegebene Wärmemenge hinreichend sein würde. Dieser Berechnung ist für die Wärmeleitfähigkeit der Erdrinde ein Mittelwert von 0,006 und ein Temperaturgefälle von 1^{0} C auf 30 Meter zugrunde gelegt, und es ist dabei eine gleichmäßige Verteilung des Radiums im gesamten Erdkörper vorausgesetzt worden. In den bisher untersuchten Erdarten ist vielfach eine etwa 1000mal so große Radiummenge gefunden worden. Daraus würde sich die Folgerung ergeben, daß mit zunehmender Tiefe die Wärmeerzeugung rasch sinkt, und daß im Erdinnern keine radioaktiven Stoffe oder kein Zerfall solcher auftreten kann. Mit diesen Resultaten stimmen die Ergebnisse von

Untersuchungen überein, welche auf breiterer Grundlage vor kurzem von Herrn Königsberger durchgeführt worden sind, sowie die ebenfalls kürzlich von Herrn Strutt veröffentlichten Versuchsergebnisse. Nach den Resultaten der letztgenannten Arbeit würde der Radiumgehalt, den wir in der Erdrinde finden, nur in dem dreißigsten Teile des ganzen Erdvolumens zu finden sein, und es würde in einer Tiefe von mehr als ungefähr 75 Kilometern keine Spur radioaktiver Materialien mehr vorkommen können.

Von diesem Standpunkte aus mußte die Untersuchung von Stoffen, die aus verhältnismäßig großen Erdtiefen stammen, ganz besonders interessant erscheinen. Bei früher untersuchten Proben vulkanischer Produkte fehlten Anhaltspunkte für die Bestimmung des Alters. Um so wertvoller erschien die Gelegenheit, die durch den jüngsten Vesuvausbruch geboten wurde, ganz frisch aus dem Erdinnern zutage geförderte Substanzen prüfen zu können, und zwar noch besonders deshalb, weil die Heftigkeit gerade dieses Ausbruches die Annahme rechtfertigt, daß man es im vorliegenden Falle mit Substanzen aus recht beträchtlichen Erdtiefen zu tun hat.

Zur Untersuchung gelangten zwei Aschenproben und vier verschiedene Lavastücke. Die Radioaktivität dieser Materialien erwies sich als außerordentlich gering. Aus dem Vergleich mit der Radioaktivität anderer Stoffe von bekannter Aktivität wurde die in 1 ccm Lava enthaltene Radiummenge zu etwa 2×10^{-11} Gramm berechnet, ein Wert, der mit dem von Herrn Strutt im Durchschnitt für die von ihm untersuchten Gesteine gefundenen recht gut im Einklang steht. Es erscheint hiernach der Schluß durchaus gerechtfertigt, daß — in Übereinstimmung mit den oben erwähnten Betrachtungen — das Vorkommen größerer Radiummengen als in den äußeren Erdschichten, oder auch nur gleichgroßer, in tieferen Erdschichten nicht wohl angenommen werden darf.

Herr Becker bestimmte auch den Schmelzpunkt der Lava, und zwar zu etwa 1150° C. Unter Zugrundelegung des eingangs genannten Mittelwertes für den Temperaturgradienten der Erde würde sich für die Tiefe des Ursprungsortes dieser Lava in roher Annäherung 30 Kilometer ergeben. Nach den erwähnten Untersuchungen des Herrn Strutt scheint dann zwischen 30 und 75 Kilometern die Radioaktivität der Erdmaterialien ihrem Nullwerte zuzustreben. Diese letztere Schlußfolgerung kann naturgemäß auf Sicherheit keinen großen Anspruch erheben, da möglicherweise die radioaktiven Stoffe in beträchtlicheren Erdtiefen durch Druck und Temperatur in unkontrollierbarer Weise beeinflußt werden können. Jedenfalls geht aus den vorliegenden Beobachtungen hervor, daß ein Zusammenhang zwischen der hohen Temperatur im Innern eines Vulkans

und etwaigen größeren Ansammlungen radioaktiver Materialien daselbst keineswegs besteht. Zu gleichem Schlusse führten Versuche, die Herr Trovato Castorina im Jahre 1905 an Atnalava anstellte; hingegen scheinen Beobachtungen an Vesuvlava vom Jahre 1904, die Herr Tommasina gemacht hat, eine größere Aktivität dieser Proben anzudeuten. Mi.



Ein Röntgen-Schirm mit deutlichen Nachbildern.

Im 44. Heft der Elektrotechnischen Zeitschrift vom 1. November 1906 (Jahrgang 27, Seite 1021) berichtet Herr Dr. Danneberg in Dresden über einen neuen Röntgen-Schirm, der, diesem Berichte zufolge, dem üblichen Platincyanür-Schirm gegenüber recht wesentliche Vorteile zu bieten scheint. Wenn man an Stelle des Platincyanürs das von der Chininfabrik in Braunschweig (Buchler & Co.) in den Handel gebrachte Schwefelzink verwendet, so erhält man einen Leuchtschirm, der zunächst, wie der Platincyanür-Schirm, nur noch klarer, ein Fluoreszenzbild zeigt, und zwar erscheinen die Schatten dunkel auf blaugrünem Grunde, bei älteren Schirmen auf mehr bläulichem Grunde. Eine Abnahme der Deutlichkeit mit dem Alter, wie beim Platincyanür-Schirm, macht sich beim Schwefelzink-Schirm nicht bemerkbar; das Schwefelzink erscheint sonach haltbarer als das Platincyanur. Ein großer Vorzug des Schwefelzinks dem Platincyanur gegenüber liegt nun darin, daß es auch Phosphoreszenz zeigt, daß also nach dem Aufhören der Bestrahlung ein klares und deutliches Nachbild zurückbleibt, welches nur allmählich verblaßt. Bei einer Belichtungsdauer von einer Minute beispielsweise sind die Einzelheiten im Nachbilde noch nach fünf Minuten gut wahrnehmbar. Wird die Belichtungszeit gesteigert, so klingt auch das Nachbild langsamer ab. In engem Zusammenhang mit dem Auftreten dieses Nachbildes steht die Erscheinung, daß das Fluoreszenzbild im Verlaufe der Belichtung an Klarheit gewinnt. Es werden nämlich allmählich auch die spezifisch dichteren Objekte durchstrahlt, weil die schwachen Erregungen, welche noch durch sie hindurchgehen, ein Nachleuchten verursachen. Die einzelnen Erregungen superponieren sich also ähnlich wie bei der photographischen Platte. — Das Nachbild kann, gerade wie jede Phosphoreszenzerscheinung, durch Einwirkung von Wärmestrahlung leicht beseitigt werden, der Schirm also sogleich wieder für eine neue Beobachtung aufnahmefähig gemacht werden.

Die Vorteile, die ein derartiger Leuchtschirm bieten kann, liegen auf der Hand. Die Beobachtung des Bildes kann nach erfolgter Auf-

nahme in aller Ruhe vor sich gehen, ein Vorzug, der für diagnostische Zwecke sicherlich von der allergrößten Bedeutung ist. Die Aufnahme kann wie mit der photographischen Platte erfolgen, und der Beobachter bedarf zum Schutze vor schädlicher Bestrahlung nicht mehr des unhandlichen Bleiglasschirmes. — Für Demonstrationszwecke ist das Nachbild natürlich auch von großem Vorteil. — Wenn man den Schwefelzink-Schirm unter die photographische Platte legt, so hat man ein Mittel, das photographierte Bild bereits vor der Entwicklung beurteilen zu können. Legt man dagegen den Schirm mit der leuchtenden Seite auf die lichtempfindliche Schicht der Platte, so wirkt das Leuchtbild verstärkend auf die photographische Schicht.

Als störend könnte das Nachbild unter Umständen empfunden werden, wenn es sich darum handelt, einen Gegenstand kurz hintereinander in verschiedenen Lagen zu beobachten. Man muß dann eben zwischen den einzelnenen Beobachtungen erst das Nachbild durch Wärmestrahlung tilgen, was aber um so leichter zu bewerkstelligen ist, als ja bei kurzer Belichtung das Nachbild sehr schnell abklingt. Eine störende Wirkung des Nachbildes dürfte wohl nur bei längerer Belichtungsdauer zu befürchten sein.

Nicht unerwähnt möge bleiben, daß 1 Gramm des zur Herstellung des neuen Schirmes benutzten Schwefelzinks 75 Pfennig kostet, während 1 Gramm Platincyanür mit etwa 2,50 Mark bezahlt werden muß. Der Schwefelzink-Schirm verbindet also mit seinen übrigen Vorzügen noch den eines niedrigeren Herstellungspreises.

Der Schwefelzink-Schirm dürfte hiernach als eine wertvolle Bereicherung des Röntgen-Instrumentariums zu begrüßen sein. Mi.



Über die Erzeugung hochgradiger Vakua mittels Kalzium.

In der Sitzung der Royal Society of London vom 15. November 1906 wurde eine Mitteilung von Frederick Soddy vorgelegt, die das größte Interesse verdient. Es ist bekanntlich möglich, in elektrischen Öfen Substanzen in verschlossenen evakuierten Glasgefäßen weit über die Erweichungstemperatur des Glases hinaus zu erhitzen. Wendet man dieses Verfahren auf Kalzium an, so erhält man ein bequemes Mittel, alle in dem Gefäße etwa noch vorhandenen Gasreste, mit alleiniger Ausnahme von Argon, zu beseitigen. Das Kalzium, welches unter normalen Druck- und Temperaturverhältnissen sehr schwer chemische Reaktionen eingeht,

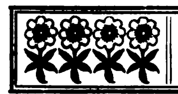
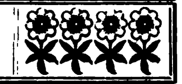
absorbiert bei Drucken von nur wenigen Millimetern und bei Temperaturen zwischen 700° und 800° C alle bekannten Gase außer Argon. Wenn man also den Apparat mit einer der gebräuchlichen Luftpumpen vorgepumpt hat und ihn dann mit eingeschlossenem Kalzium erhitzt, so kann man, wenn man dafür gesorgt hat, daß kein Argon im Apparate gewesen ist, ein Vakuum erzielen, wie es bisher nicht besser zu erreichen war; sämtliche in den Gefäßwänden oder etwaigen Elektroden okkludiert gewesenen Gase, auch die Dämpfe etwaiger Hahnfettung, werden vollständig vom Kalzium absorbiert. Die Absorption von Wasserstoff und Wasserstoffverbindungen wird noch vollkommener, wenn man nach dem Erhitzen das Kalzium sich abkühlen läßt, weil sich das Hydrid bei hoher Temperatur leicht dissoziiert.

Ähnlich wie Kalzium verhalten sich auch Baryum und Strontium.

Da Kalzium ein guter Elektrizitätsleiter ist, so kann man die erforderliche Erhitzung innerhalb des Glasgefäßes leicht von außen her durch Induktion seitens eines Wechselstromes bewerkstelligen.

Wie wertvoll diese neue Evakuierungsmethode für mancherlei Zwecke, beispielsweise bei spektroskopischen Arbeiten, sich erweisen kann, braucht nicht erst besonders erörtert zu werden. Mi.



 Himmelserscheinungen. 

Übersicht über die Himmelserscheinungen
für April, Mai und Juni 1907.[1])

1. **Der Sternenhimmel.** Nicht für den mit den Bildern des Himmels Vertrauten, sondern für den Neuling, der die Sternbilder nicht oder kaum kennt, sind die folgenden orientierenden Zeilen geschrieben. Wer seit Jahren an jedem klaren Abend die Majestät des Sternenhimmels auf sich wirken läßt, dem sind die festgefügten Bilder bekannt, und er weiß, daß sie langsam in Jahresfrist sich für die gleiche Beobachtungsstunde von Ost nach West hinüberschieben.

Ein Teil der Sternbilder ist immer sichtbar, und diese prägen sich am leichtesten ein. Man suche die Nordrichtung, in welche um die Mittagsstunde der Schatten gefallen ist, und erhebe den Blick vom Horizont langsam nach oben. Dann steht am 15. April um 12^h, am 15. Mai um 10^h, am 15. Juni um 8^h (resp. sofort nach Einbruch der Dunkelheit) eine Gruppe von 5 Sternen der zweiten Größenklasse in geringer Höhe, welche die Form eines wagerechten lateinischen W hat, die Cassiopea. Die Milchstraße geht in breitem Strome parallel zum Horizonte durch sie hin. Hoch über ihr in der Nordrichtung steht dann ein einsamer Stern von gleicher Helligkeit, der Polarstern. Die Richtung vom Auge nach ihm bezeichnet die Lage der Weltachse, um welche die ganze Himmelskugel sich in 24^h einmal umdreht. Wandert der Blick über den Polarstern hinauf ins Zenit, so steht dort der große Bär, jene bekannten 7 Sterne, die auch einem Wagen mit einer gebogenen Deichsel gleichen; der 2. Stern der Deichsel trägt noch oben einen kleinen, dem bloßen Auge sichtbaren Begleiter. Die Linie vom Polarstern nach der Deichselspitze wird im Verhältnis 2:1 geteilt durch den ebenso hellen Stern Thuban, den Hauptstern des Drachens.

Während diese Sterne nie untergehen, dreht sich das Himmelsgewölbe, das wir im Süden erblicken, langsam von links nach rechts. Hier sind auffallende Marken nötig, um sich in dem Gewimmel der Lichtpunkte zurechtzufinden.

Wir zerlegen diesen Himmelsteil in eine westliche und eine östliche Hälfte und betrachten zuerst die westliche, da ihre Sternbilder langsam unter den Horizont sinken. Hier fesselt, alles überstrahlend, **Jupiter** den Blick. Die beiden links über ihm stehenden Sterne erster Größe sind Castor und Pollux in den Zwillingen. Unter ihnen ist rechts (freilich nur bis Ende April) das schöne Kreuz des Orion sichtbar, dessen Längsachse links an Jupiter vorbei nach Castor zeigt; die kurze Achse führt nach links auf den hellsten Fixstern des Himmels, den Sirius im großen Hunde, nach rechts oben nach dem Alde-

---

[1]) Alle Zeitangaben in M. E. Z. und nach astronomischer Zählweise, d. h. die Vormittagsstunden eines Tages — mit Ausnahme der Sonnenaufgänge — um 12h vermehrt zum vorigen Tage gerechnet.

baran im Stier und noch weiter nach oben nach dem schönen Sternhaufen der Plejaden. Auch Sirius verschwindet Anfang Mai im Südwesten gleich nach Anbruch der Dunkelheit. Zwischen Sirius und Pollux, ein wenig links, steht Procyon im kleinen Hunde. Die beiden Sterne Pollux und Procyon werden nach links durch Regulus im großen Löwen zu einem ungefähr gleichseitigen Dreiecke ergänzt. Auf der Linie Pollux—Regulus steht, ersterem näher, ein Lichtfleck, den das Fernrohr in den Sternhaufen Praesepe auflöst.

Nicht so schön ist die Osthälfte des Himmels. Den Übergang dorthin bildet das große Sternbild der Jungfrau, dessen Hauptstern Spica um die angegebene Zeit genau in der Mittagslinie steht. Zahlreiche Sterne dritter Größe stehen namentlich rechts oberhalb (wo 5 Sterne die Schenkel eines rechten Winkels bilden). Rechts unter Spica aber bilden 4 Sterne zweiter Größe des Raben ein enges Viereck. Hoch über Spica funkelt etwas westlich des Meridians der rötliche Arcturus, über dem mehrere Sterne zweiter Größe den Bootes vervollständigen. Der regelmäßig angeordnete Halbkreis von Sternen links über Arcturus ist das Diadem der Ariadne, die nördliche Krone. Noch weiter im Osten steht ein sehr heller Stern mit vielen schwächeren in seiner Nähe, Wega in der Leier. Darunter und rechts liegen die großen, aber an hellen Sternen armen Bilder des Hercules, der Schlange und des Schlangenträgers. Ganz tief im Südosten geht der prachtvolle Skorpion auf; er enthält 2 geradlinig angeordnete Gruppen von je 3 Sternen; die längere Linie liegt senkrecht vor der kürzeren; letztere enthält den Hauptstern, den rötlichen Antares.

Die helleren Einzelsterne dieser Bilder kann man kennen lernen, wenn man die Zeiten beachtet, in denen sie die Mittagslinie passieren. Dies geschieht an den nachbenannten Tagen fast genau um 10 Uhr abends. Für Besitzer kleiner Instrumente, die genau in der Nord-Südlinie visieren, ist auch die Rektaszension und Deklination der Sterne angegeben. Die Deklination oder Abweichung vom Himmelsäquator muß um 37° 30′ vermehrt werden, um die Höhe der Kulmination für Berlin zu finden. Nur Sterne bis zur Helligkeit 3.3 sind aufgenommen.

Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination	Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination
April 8	ψ Ursae maj	3.0	11h 4m 27s	+45° 0′.2	Mai 27	α Bootis	1	14h 11m 26s	+19° 40′.0
11	δ Leonis	2.4	9 11	+21 1.9	31	γ „	2.9	28 31	+38 43.0
	ϑ „	3.3	9 23	+15 56.2	Juni 5	α Librae	2.7	45 45	—15 39.4
20	β „	2.1	44 20	+15 5.5	8	β Bootis	3.3	58 28	+40 45.5
25	ε Corvi	3.0	12 5 22	—22 6.3	11	δ „	3.2	15 11 47	+33 39.8
27	γ „	2.4	11 3	—17 1.7	12	β Librae	2.5	12 2	— 9 2.4
30	δ „	2.8	25 4	—16 0.0	16	α Coronae bor	2.2	30 47	+27 1.7
Mai 1	β „	2.6	29 31	—22 53.1	19	α Serpentis	2.5	39 43	+ 6 43.1
7	12 Can. ven.	2.8	51 42	+38 49.3	20	μ „	3.3	44 48	— 3 8.7
8	ε Virginis	2.8	57 34	+11 27.5	22	δ Scorpii	2.3	54 52	—22 21.5
13	γ Hydrae	3.1	13 13 53	—22 41.0	24	β „	2.6	16 0 3	—19 33.1
14	α Virginis	1.1	20 19	—10 40.7	26	δ Ophiuchi	2.8	9 30	— 3 27.3
17	ζ „	3.3	29 58	— 0 7.3	27	ε „	3.2	13 26	— 4 27.9
20	η Ursae mai	1.8	43 54	+49 46.7	30	α Scorpii	1.2	23 44	—26 13.6
22	η Bootis	2.8	50 17	+18 51.8		β Herculis	2.6	26 15	+21 41.7

Eigennamen tragen die nachbenannten der vorstehenden Sterne: β Leonis = Denebola, δ Corvi = Algorab, ε Virginis = Vindemiatrix, α Virginis = Spica, α Bootis = Arcturus, α Librae = Zubenelschemali, β Librae = Zubenelgemubi, α Coronae = Gemma, β Scorpii = Acrab, δ Ophiuchi = Yed, α Scorpii = Antares.

2. **Veränderliche Sterne.** Der interessanteste der Variabeln für das bloße Auge, Algol an der Spitze des gleichschenkligen Dreiecks des Perseus, steht jetzt bereits im Nordwesten, und nur noch im April lassen sich seine Minima beobachten, in denen er alle $2^d\ 20^h\ 49^m$ nur 3.7^m ist, während seine normale Helligkeit 2.4^m beträgt. Minima finden statt in den Abendstunden: April $13^d\ 12^h\ 2^m$, $16^d\ 8^h\ 52^m$, $19^d\ 5^h\ 40^m$[1]).

3. **Planeten.** Merkur ist im April Morgenstern, geht aber anfangs nur $\frac{1}{2}^h$, später noch weniger vor der Sonne auf und bleibt daher unsichtbar. Am 23. Mai ist er in oberer Konjunktion mit der Sonne. Bald nach Anfang Juni wird er dann am Abendhimmel weit im Nordwesten sichtbar, da er sehr nördlich steht; am 7. Juni hat er seinen nördlichsten Stand in $+25\frac{1}{2}^0$ Deklination und geht $1\frac{1}{2}$ Stunden nach der Sonne erst unter. Ja, am 16. Juni geht Merkur erst $10^h\ 14^m$ unter, die Sonne $8^h\ 28^m$. Während dieser ungewöhnlich günstigen Sichtbarkeitsperiode wandert Merkur aus dem östlichen Teile des Stieres durch die Zwillinge nach dem Krebs. Folgendes sind Marken zur Erkennung des selten gesehenen Planeten: Juni 3 4^0 über ζ Tauri, Juni 7 3^0 über η Geminorum, Juni 8 3^0 über μ Geminorum. Juni 11 $0^h\ 46^m$ steht der Planet nur 15″ nördlich des Sterns ε Geminorum. Dieser Moment fällt zwar leider für Deutschland in die Tagesstunden, aber auch am Abend wird das unbewaffnete Auge kaum den Stern von dem Planeten trennen können, wohl aber ein Opernglas. Merkur läuft nach links weiter und wird am 12. Juni von der Mondsichel eingeholt, die 4^0 südlicher bleibt. Am 15. abends um 9^h holt umgekehrt der Merkur den Jupiter ein, der $1\frac{3}{4}^0$ südlicher steht, am 16. passiert er den Stern δ Geminorum, der 2^0 südlicher ist. Am 20. Juni steht κ Geminorum $1\frac{1}{2}^0$ nördlicher; noch weiter nach Norden sind Castòr und Pollux dem Planeten nahe. So ist es leicht, den bis in den Juli hinein sichtbaren Planeten von Abend zu Abend in seinem Laufe unter den Gestirnen zu verfolgen.

Venus ist weiter Morgenstern und geht anfangs April um $16\frac{3}{4}$ Uhr im Ostsüdosten, anfangs Mai um $15\frac{3}{4}$ im Osten, anfangs Juni um $14\frac{3}{4}$ im Ostnordosten auf, Ende Juni bereits um $14\frac{1}{2}$ Uhr. Sie wandert dabei durch Wassermann, Fische, Widder und Stier. Die Sichel des abnehmenden Mondes steht am 9. April, am 9. Mai und am 8. Juni in ihrer Nähe; am 21. April ist Venus in Konjunktion mit Saturn. Ihr Glanz nimmt langsam ab, da ihr Erdabstand von 1.0 auf 1.6 Erdbahnradien langsam zunimmt.

Mars ist noch rechtläufig im Schützen bis zum 6. Juni. Sein tiefer Stand erschwert sehr seine Wahrnehmung. Am 1. April geht er um $13\frac{3}{4}$, am 1. Mai um $12\frac{1}{2}$, am 1. Juni um $11\frac{1}{4}$ Uhr im Südosten auf und bleibt dann bis Tagesanbruch zu sehen. Am 28. April passiert er $2\frac{1}{2}^0$ nördlich über dem hellen σ Sagittarii, der bei uns nur eine Höhe von 11^0 im Meridian erreicht. Der Mond steht, dem letzten Viertel nahe, am 4. April, am 2. Mai, am 30. Mai und am 26. Juni dicht bei dem rötlichen Planeten. Am 1. Mai überholt Mars

[1]) Es ist hier bereits die jüngst von van Biesbrock beobachtete Verfrühung der Algominima um 57^m (!!) angebracht.

den Uranus und bleibt 46' südlich von ihm. Am 6. Juni steht Mars still und setzt nun seine Schleife, zu der er schon seit kurzem nach Süden von der Ekliptik abgebogen ist, weit nach Süden fort. Es ist daher die diesmalige Opposition, die in der Mitte dieser Schleifenbewegung am 7. Juli eintritt, trotz großer Nähe des Mars bei der Erde für die nördlichen Sternwarten sehr ungünstig, denn der Planet geht bis 29° südlicher Deklination unter den Äquator und erreicht dann z. B. für Berlin nur eine Höhe von 9°.

Jupiter bildet auch im zweiten Quartal 1907 den Schmuck unseres Abendhimmels. Bei Dunkelwerden steht er schon westlich des Meridians, rechtläufig in den Zwillingen, und geht im Nordosten unter: Ende April um 12½, Ende Mai um 10¾, Ende Juni um 9¼ Uhr. Sein Lauf führt ihn am 10. April über μ der Zwillinge, am 11. Mai unter ε der Zwillinge, am 4. Juni über ζ dieses Sternbildes, am 21. Juni dicht unter δ Geminorum. Am 15. Juni holt der schnelle Merkur den langsam wandelnden großen Bruder ein und geht nördlich an ihm vorbei. Der Mond kommt als zunehmende Sichel am 18. April, am 16. Mai und am 12. Juni dicht bei Jupiter vorüber.

Saturn ist anfangs am Morgenhimmel noch der Sonne zu nahe, um gesehen werden zu können. Das ist sehr bedauerlich, denn am 17. April geht die erweiterte Ebene der Saturnringe genau durch die Erde, und die Ringe werden unsichtbar, weil der Beschauer gegen ihre scharfe Kante blickt; aber sie bleiben auch weiterhin unsichtbar, da die beleuchtende Sonne auch fürderhin nördlich von der Ringebene im Raume steht, die beschauende Erde aber vom 17. April ab südlich. Dem Blicke des Erdgeborenen ist also nur jene Fläche der Ringscheibe zugänglich, welche die Sonne nicht beleuchten kann, und diese ist also nicht sichtbar. Bis zum 26. Juli erscheint so der Saturn ohne Ring, dann geht die Ringebene durch die Sonne, und von da ab stehen Sonne und Erde wieder auf derselben Seite, nämlich südlich der Ringebene, so daß der Ring sichtbar wird, da beleuchtete und beschaute Fläche identisch sind. Das Verschwinden des Ringes am 17. April ist also nicht wahrnehmbar wegen zu geringen Abstandes des Planeten von der Sonne am Himmelsbogen. Vielleicht kann aber am 21. April die Konjunktion mit Venus schon bemerkt werden. Erst Anfang Mai, wenn Saturn um 15¼ Uhr aufgeht, wird man ihn sicher im Südzipfel des Sternbildes der Fische auffinden; er wandert von dort rechts oberhalb von ι Ceti rechtläufig und erscheint im Fernrohr nun als derselbe ringlose Planet, der Galilei schon Rätsel aufgab. Ende Mai geht Saturn um 13¾ Uhr, Ende Juni bereits eine halbe Stunde vor Mitternacht auf. Den Mond findet man in abnehmender Sichel in der Nähe Saturns am 8. Mai und am 13. Juni früh.

Uranus ist wegen seiner tiefen Stellung über σ des Schützen nicht mit freiem Auge wahrnehmbar, dem er bei höherem Stande sonst eben noch erscheint. Die oben erwähnte Konjunktion mit Mars ist ein Hilfsmittel, ihn zu finden.

Neptun ist rechtläufig in den Zwillingen, und seine Beobachtung im Fernrohr kann leicht mit der des Jupiter verbunden werden, dem er sehr nahe steht. Am 21. April überholt Jupiter den langsameren Neptun und bleibt genau einen Grad nördlich von ihm.

4. **Jupitermonde.** In der reichen Welt des größten Planeten ereignen sich zwar ebensoviel Erscheinungen wie gewöhnlich, doch wird ihre Wahr-

nehmbarkeit für uns durch den immer früheren Untergang Jupiters eingeschränkt. Nachstehend sind folgende Abkürzungen gebraucht:

Bed. { beg. / end. = Bedeckung (des Mondes durch den **linken** Rand des Planeten) { beginnt. / endigt.

Verf. { beg. / end. = Verfinsterung (durch den Planetenschatten) { beginnt / endigt } rechts des Planeten.

Vor. beg. = Vorübergang (auf der rechten Seite des Planeten) beginnt.

Sch. beg. = der Schatten des Mondes beginnt rechts auf den Planeten heraufzutreten.

Vor. end. = der Mond verläßt links die Planetenscheibe.

Sch. end. = der Schatten des Mondes verläßt links den Planeten.

April				
1	7h 2m	I	Vor. beg.
	8 20	I	Sch. beg.
	8 29	II	Vor. beg.
	9 20	I	Vor. end.
	10 38	I	Sch. end.
	11 7	II	Sch. beg.
	11 20	II	Vor. end.
	12 19	IV	Verf. beg.
2	7 58	I	Verf. end.
3	8 23	II	Verf. end.
	9 55	III	Vor. end.
	11 56	III	Sch. beg.
7	11 48	I	Bed. beg.
8	8 59	I	Vor. beg.
	10 15	I	Sch. beg.
	11 12	II	Vor. beg.
	11 16	I	Vor. end.
	12 33	I	Sch. end.
9	9 49	I	Verf. end.
	9 58	IV	Vor. beg.
	12 27	IV	Vor. end.
10	10 55	III	Vor. beg.
	10 58	II	Verf. end.
14	9 2	III	Verf. end.
15	10h 56m	I	Vor. beg.
	12 10	I	Sch. beg.
16	8 15	I	Bed. beg.
	11 44	I	Verf. end.
17	8 20	II	Bed. beg.
	8 57	I	Sch. end.
18	9 24	IV	Verf. end.
19	8 36	II	Sch. end.
21	8 14	III	Bed. end.
	9 54	III	Verf. beg.
23	10 14	I	Bed. beg.
24	8 34	I	Sch. beg.
	9 42	I	Vor. end.
	10 52	I	Sch. end.
	11 1	II	Bed. beg.
26	8 20	II	Sch. beg.
	8 53	II	Vor. end.
	11 14	II	Sch. end.
28	9 20	III	Bed. beg.
Mai			
1	9 23	I	Vor. beg.
	10 28	I	Sch. beg.
	11 41	I	Vor. end.
2	10 4	I	Verf. end.
3	8h 47m	II	Vor. beg.
	10 58	II	Sch. beg.
	11 39	II	Vor. end.
8	11 22	I	Vor. beg.
9	8 43	I	Bed. beg.
	11 15	III	Sch. end.
10	9 11	I	Sch. end.
	11 34	II	Vor. beg.
12	10 39	II	Verf. end.
13	9 32	IV	Sch. beg.
16	10 43	I	Bed. beg.
17	8 47	I	Sch. beg.
	10 10	I	Vor. end.
	11 6	I	Sch. end.
21	10 22	IV	Verf. beg.
24	9 53	I	Vor. beg.
	10 42	I	Sch. beg.
25	10 19	I	Verf. end.
27	9 7	III	Verf. end.
28	9 28	II	Vor. end.
Juni			
1	9 15	I	Bed. beg.
2	9 24	I	Sch. end.
4	9 24	II	Vor. beg.
7	9 53	IV	Bed. end.

5. **Sternschnuppen.** In der Zeit vom 19. bis 30. April fallen die Lyriden.

6. **Sternbedeckungen** sind in diesem Quartal an helleren Sternen ausnahmsweise selten. Nur ξ Ophiuchi 5. Gr. wird am 24. Juni 12h 58.2m am linken dunkeln Mondrand verschwinden und am rechten hellen um 14h 2.6m wieder erscheinen.

7. **Mond.** a) Phasen.

Letztes Viertel	April 5 4h	Mai 4 11h	Juni 2 18h
Neumond	12 8	11 22	10 13
Erstes Viertel	20 10	20 2	18 16
Vollmond	27 19	27 3	25 10

b) Apsiden.

Erdnähe	April 2 17h		
Erdferne	18 6	Mai 15 22h	Juni 12 8h
Erdnähe	30 2	28 6	25 15

c) Horizontstellungen für Berlin.

April	Aufgang	Untergang	Mai	Aufgang	Untergang	Juni	Aufgang	Untergang
1	10h 6m	19h 45m	1	11h 41m	19h 48m	1	12h 50m	22h 20m
4	13 49	21 57	4	14 14	23 17	4	14 0	0 52
7	16 10	0 12	7	15 32	1 49	7	14 58	4 25
10	17 25	4 0	10	16 31	5 26	10	16 21	7 44
13	18 27	7 39	13	17 47	8 50	13	18 41	10 22
16	19 48	11 1	16	19 49	11 40	16	21 52	11 57
19	22 3	13 42	19	22 57	13 27	19	0 13	13 0
22	0 6	15 24	22	1 19	14 35	22	4 5	14 8
25	3 42	16 32	25	5 12	15 42	25	8 9	16 14
28	7 42	17 44	28	9 21	17 35	28	10 49	19 59

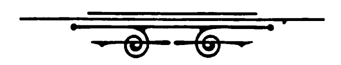
8. **Sonne.**

Sonntag	Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag[1])	Zeitgleichung mittl. — wahre Z.	Deklination der Sonne[2])	Aufgang für Berlin	Untergang für Berlin
April 7	0h 58m 17.43s	+ 2m 27.55s	+ 6° 29.0′	5h 31m	6h 47m
14	1 25 53.30	+ 0 32.92	9 4.6	15	59
21	1 53 29.18	— 1 6.20	11 32.8	0	7 11
28	2 21 5.05	— 2 25.31	13 51.6	4 45	23
Mai 5	2 48 40.94	— 3 19.72	15 59.3	31	35
12	3 16 16.82	— 3 46.20	17 54.0	19	47
19	3 43 52.71	— 3 44.66	19 34.2	8	57
26	4 11 28.60	— 3 16.80	20 58.0	3 59	8 8
Juni 2	4 39 4.50	— 2 24.96	22 4.1	51	16
9	5 6 40.40	— 1 12.81	22 51.5	47	23
16	5 34 16.30	+ 0 12.74	23 19.2	45	28
23	6 1 52.20	+ 1 43.24	23 26.9	45	30
30	6 29 28.10	+ 3 10.90	23 14.3	48	30

Am 22. Juni 3h tritt die Sonne in das Himmelszeichen des Krebses; damit beginnt der Sommer.

1) Die Rektaszension der Sonne erhält man durch Addition dieser und der nächsten Kolumne.

2) Die Mittagshöhe der Sonne erhält man durch Addition der Deklination zum Komplement der Breite (für Berlin 90°—52° 30′ = 37° 30′).





Felix Auerbach. Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. „Aus Natur und Geisteswelt." 40. Bändchen. Zweite Auflage mit 79 Figuren im Text. 8°. 156 Seiten. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. Preis geheftet Mk. 1,—, gebunden Mk. 1,25, Geschenkausgabe Mk. 2,50.

Wohl keinem Zweige der Naturwissenschaften wird gegenwärtig ein so allgemeines und so reges Interesse entgegengebracht wie der Physik. Unter solchen Verhältnissen muß ein Buch wie das nunmehr in zweiter Auflage vorliegende des Herrn Auerbach naturgemäß ein großes Publikum finden. Und dieser Beifall ist hier durchaus berechtigt. Herr Auerbach hat es in glänzendster Weise verstanden, den gebildeten Laien über die allgemeinen Grundbegriffe der Physik zu unterrichten. Dabei ist es dem Autor gelungen, überall den trocknen Ton, der sich ja leider in deutschen Schriften nur allzugern bemerkbar macht, durchaus zu vermeiden. Das Buch ist überaus fesselnd geschrieben, und der Leser wird es ungern vor vollständiger Beendigung der Lektüre aus der Hand legen. Er wird aber auch aus dieser Lektüre eine Fülle von Belehrung schöpfen. Wir haben es hier mit einer Arbeit zu tun, die im besten Sinne „populär" gehalten ist. Ich glaube, dem Buche kein höheres Lob erteilen zu können, wenngleich in manchen „zünftigen" Kreisen das Wort „populär" nicht gerade als Epitheton ornans betrachtet wird. Hätten wir recht, recht viele Bücher wie das vorliegende! Das allgemeine Bildungsniveau könnte durch sie nur gehoben werden. Es heißt, der Deutsche kaufe keine Bücher: Die erste Auflage dieses Buches ist in vier Jahren vergriffen gewesen, und die zweite Auflage wird es vermutlich in noch kürzerer Zeit sein. Dieses Schriftchen sollte in jeder guten Hausbibliothek einen hervorragenden Platz einnehmen! Mi.

Fricks Physikalische Technik. VII. Auflage. Bearbeitet von Prof. O. Lehmann, Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Sieht man einmal davon ab, daß der neubearbeitete Frick sich vorzugsweise nur an die Bedürfnisse des Universitätsunterrichts wendet, so ist er im übrigen ganz vortrefflich. Daß Prof. O. Lehmann als hervorragender Experimentator es an nichts fehlen lassen würde, mußte erwartet werden. Der zweite Teil bringt Statik und Dynamik fester, flüssiger und gasförmiger Körper sowie die Wärmeerscheinungen. Bei den flüssigen Kristallen verweilt der Verfasser naturgemäß mit besonderer Liebe. Den Meinungen anderer entgegen sehen wir in der Angabe der Bezugsquellen für die Apparate einen Vorzug des Buches. Hoffentlich erscheint der nächste Band recht bald. D.

Paul La Cour u. Jakob Appel. Die Physik auf Grund ihrer geschichtlichen Entwicklung für weitere Kreise in Wort und Bild dargestellt. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Das vortrefflich ausgestattete Buch dürfte die Leser von „Himmel u. Erde" ganz besonders interessieren. D.

Wilhelm Bölsche. Was ist die Natur? 138 S. 8°. Mit Buchschmuck von Marie Gey-Hinze. Berlin, Georg Bondi, 1907. Brosch. Mk. 1,50, geb. Mk. 2,50.

Bei einem neuen Werke von Wilhelm Bölsche tritt die Frage „Wie ist es geschrieben?" zurück gegen die Frage „Was steht in dem Buche?". Wir haben in der deutschen Literatur nur sehr, sehr wenige Männer, die wie Bölsche zugleich Gelehrte und Dichter, jeglichen Stoff in klarer und allgemeinverständlicher, dabei aber auch stets fesselnder, man wäre fast versucht zu sagen „spannender" Weise darzustellen wissen. Solche Werke, wie die naturwissenschaftlichen und naturphilosophischen Schriften Bölsches sind besonders geeignet, das Interesse und das Verständnis breiterer Schichten für die Naturwissenschaften zu heben. In seinem neuen Buche „Was ist die Natur?" zeigt der Verfasser, wie alle Kosmogonien, von den Babyloniern angefangen über die Griechen bis zu unseren Tagen, sich aufbauen auf der Erkenntnis, daß allem Geschehen, allem Werden und Vergehen ein einziges Ordnungsprinzip zugrunde liegt. — Sicherlich wird niemand, der dieses Büchlein liest, es unbefriedigt aus der Hand legen. Mi.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H. Zossen—Berlin SW. 68.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Das Innere der Erde.

Von **Felix Jentzsch**,
Assistent am Physikalischen Institut in Charlottenburg.

Die Frage, was sich eigentlich unter unsern Füßen, im Innern der Erde, — unter der festen Rinde, auf der wir leben, befinden mag, war bis vor nicht allzu langer Zeit nur Gegenstand wilder, phantastischer Spekulationen. Es würde zu weit führen, hier von den eigenartigen Vorstellungen des Altertums mit seiner Lehre von Zentralfeuer oder von denen des Mittelalters zu reden, wo man die Hölle oder zumindest das Fegefeuer in das Erdinnere versetzte. Wir wollen uns hier nur mit dem Hinweis begnügen, daß auch in neuerer Zeit, d. h. noch vor etwa 100 Jahren, ganz abenteuerliche Ansichten über den inneren Zustand unseres Planeten entwickelt wurden. So hat noch 1819 ein Mann wie der Physiker Chladni, der durch die nach ihm benannten Klangfiguren weit bekannt ist, allen Ernstes die Anschauung verfochten, die Erde sei hohl und ein intratellurischer Planet, den einer seiner Anhänger „Minerva" nannte, beschreibe darin seine Bahnen!

Erst um die Wende des 18. Jahrhunderts errang sich eine aus geologischen Tatsachen gefolgerte, ganz andere Annahme allgemeine Anerkennung. Danach leben wir Menschen auf einer ziemlich dünnen Rinde von nur ca. 50 km Mächtigkeit, und darunter wäre alles von einem einzigen Glutbrei angefüllt. Diese bis dahin mit wissenschaftlichen Gründen nicht angefochtene Hypothese wurde in den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts zum ersten Male von dem Engländer Hopkins bezweifelt, der die Erde für einen starren Körper erklärte. Dies gab den ersten Anstoß zu einem langen Streit der verschiedenen geophysikalischen Schulen miteinander. Die englische Schule, vor allem W. Thomson und G. H. Darwin, fechtet für die Festigkeit der

Erde, weil sie aus der Gezeitenbewegung, der Präzession und Nutation und endlich aus den Polhöhenschwankungen eine sehr große Starrheit des Erdkörpers ausrechneten. Auf der andern Seite stehen Zöppritz, Günther und Arrhenius, die einen festen Zustand mit der voraussichtlich sehr hohen Temperatur des Erdinnern für unvereinbar erklären und das Innere als feuerflüssig oder gasförmig annehmen. Trotz zahlreicher Vermittlungsversuche ist noch heute keineswegs eine Einigung der Anschauungen erzielt worden, um so weniger, als gerade in jüngster Zeit wieder zahlreiche neue Gesichtspunkte zu dieser Frage gewonnen wurden.

Jede denkbare Theorie über den inneren Zustand der Erde muß wohl in erster Linie eine ganz allgemeine Erfahrung berücksichtigen, nämlich die ununterbrochene Zunahme der Temperatur nach der Tiefe hin. Sämtliche Beobachtungen, die man in tiefen Bergwerken, Bohrlöchern oder bei Tunnelbauten gemacht hat, weisen darauf hin, daß je tiefer man eindringt, um so höher die Temperatur der Gesteine ist. Als Mittel zahlreicher Messungen, deren Ergebnisse allerdings im einzelnen weit auseinander liegen, ergibt sich als sogenannte „geothermische Tiefenstufe" eine Zunahme um 1° C auf etwa 30 m Tiefe. Von der „neutralen Fläche" an, ca. 10—20 m unter der Oberfläche, wo der Einfluß der täglichen und jährlichen Schwankungen unmerklich wird, nimmt die Temperatur bei radialen Vordringen unausgesetzt und stetig zu, so daß die geothermische Tiefenstufe an einer und derselben Stelle ziemlich konstant bleibt.

Freilich ist die größte Tiefe, bis zu der man vorgedrungen ist, 2002 m im Bohrloche von Paruschowitz bei Rybnik in Ober-Schlesien, nur etwa der 3200. Teil des Erdradius. Wie wenig dies bedeutet, kann man aus einem besonders für den Berliner sehr anschaulichen Beispiel ersehen. Denkt man sich den Mittelpunkt der Erde in der Mitte des Belle-Allianceplatzes am Südende der Friedrichstraße, und nahe ihrem Nordende in 2600 m Entfernung, also auf der Mitte der Weidendammer Brücke, die Erdoberfläche, so bedeutet diese größte erreichte Tiefe von Paruschowitz nur ein Vordringen um 81,3 cm von der Mitte der Brücke zum Belle-Allianceplatz hin. Es ist klar, daß man auf den Wärmezustand in der Gegend der Leipzigerstraße oder auch nur der „Linden" keine Schlüsse ziehen kann, selbst wenn man die Temperaturverhältnisse auf diesen 81,3 cm noch so genau kennt!

Trotzdem nehmen die meisten Geologen und Geographen ohne weiteres an, daß die Erde innen ganz heiß sei und die Temperatur von dort bis zur Oberfläche hin ununterbrochen abnehme. Der Vul-

kanismus z. B. scheint diese Ansicht ja auch zu unterstützen. Ferner muß nach der Laplaceschen Hypothese, zu der so viele astronomischen Beobachtungen zwingen, die Erde früher ein glühender Gasball gewesen und durch allmähliche Abkühlung langsam in ihren jetzigen Zustand gekommen sein. Die an der Oberfläche beobachtete geothermische Tiefenstufe von ca. 30 m mag nach innen allmählich wachsen, so daß die Temperatur je tiefer, um so langsamer steigt; jedenfalls wird aber auch nach dieser Annahme schon in Tiefen von nur 50 km eine Temperatur von ca. 2000° C herrschen, so daß die meisten Stoffe dort schon geschmolzen sein müßten. Die dünne feste Schale, auf

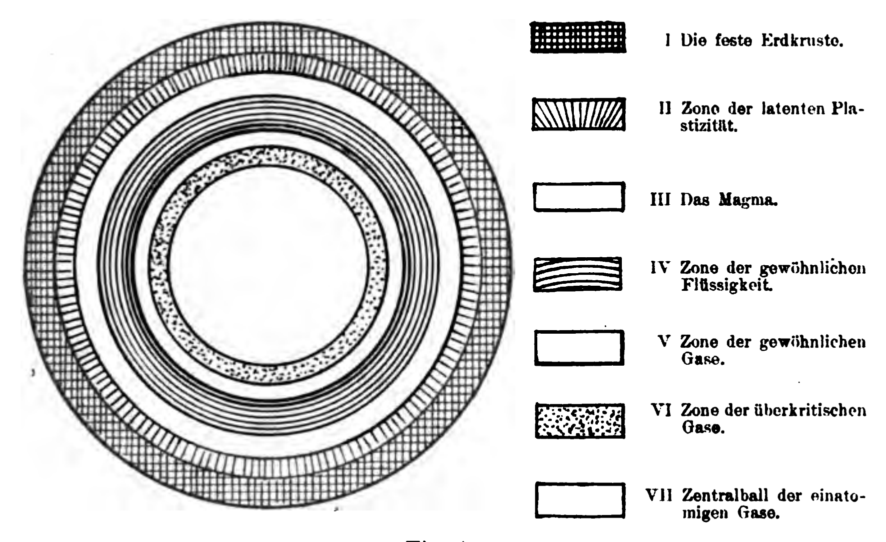


Fig. 1.
Idealer Durchschnitt durch die Erdkugel nach S. Günther.

der sich alles organische Leben abspielt, würde danach in dem oben erwähnten Bild von der Friedrichstraße einer Entfernung von etwa 25 m entsprechen, d. h. etwas mehr wie der halben Länge der Weidendammer Brücke.

Die Vorstellung einer so dünnen Erdkruste hat für viele Forscher etwas gewissermaßen „Beängstigendes“ gehabt, und man hat von jeher nach Gründen gesucht, diese Berechnung, die schon von Alexander v. Humboldt und Arago angestellt wurde, als hinfällig zu erweisen. Zunächst überlegte man, daß der Druck ja ebenfalls mit der Tiefe wächst, und da man aus Experimenten zu finden glaubte, daß die Schmelztemperatur stets mit dem Druck steigt, ergab sich eine mögliche Dicke der festen Steinkruste von 60—100 km. Geht man immer

weiter in die Tiefe, so gelangt man aber bald zu Temperaturen, bei denen kein Stoff mehr, selbst nicht unter den stärksten Drucken, flüssig sein kann. Diese „kritische“ Temperatur wird wohl bei keinem Stoffe mehr als 6—7000° betragen, müßte also in etwa 300 km Tiefe erreicht sein (NB: falls die geothermische Tiefenstufe so weit gilt!). Darunter hätte man sich alles gasförmig vorzustellen. (In unserm obigen Bilde wäre also vom Belle-Allianceplatz an über die Leipzigerstraße, „Linden“, Bahnhof Friedrichstraße hin bis etwa 125 m von der Mitte der Weidendammer Brücke aus alles eine einzige Gasmasse.)

Diese Anschauung wurde zuerst von dem berühmten englischen Philosophen Herbert Spencer ausgesprochen und von A. Ritter und S. Günther bis ins kleinste ausgebildet. Der letztere nimmt an, daß in der Erde alle Aggregatzustände vorhanden sind, und zwar in einer kontinuierlichen Reihenfolge, so daß zwei nächst benachbarte, unendlich dünne Kugelschalen hinsichtlich ihrer Molekularbeschaffenheit einen, wenn auch noch so geringen, Unterschied zeigen müssen. Diese Kontinuitätshypothese kommt endlich dazu, sieben verschiedene Kugelschalen zu unterscheiden, deren Grenzlinien naturgemäß nur eine ganz schematische Bedeutung haben. (Fig. 1.) Von der Oberfläche zum Zentrum fortschreitend, haben wir danach:

I. Die feste Erdkruste, die oben noch ziemlich starr ist, mit wachsender Tiefe aber immer nachgiebiger wird.

II. Die Zone der latenten Plastizität. Hier sollen die Massen etwa so wie Pech und Siegellack bei Zimmertemperatur sein. Daß die Metalle unter genügend großem Druck deformierbar sind, zeigt die Möglichkeit des „kalt Schmiedens“. Daß auch die Gesteine plastisch werden können, beweisen Experimente von Kick. Vor allem aber nötigt der geologische Bau der Erdoberfläche dazu, eine ziemlich bedeutende Beweglichkeit der Rinde vorauszusetzen, da man sonst die gewaltigen Verschiebungen großer Gebiete kaum erklären könnte.

III. Das Magma. Je tiefer die Gesteine liegen, um so flüssiger werden sie, bis sich schließlich alles in einen einzigen „Silikatbrei“, eine große Glutmasse auflöst. Diese leicht deformierbare, knetbare Masse nennt man „Magma“ (eine Bezeichnung, die von μάσσειν = kneten hergeleitet wird, also desselben Stammes wie „Massage“ ist). Übrigens könnte das Magma durch die darüberliegende plastische Schicht auf keinen Fall bis nach oben steigen, da sich eine Spalte durch diese Schicht hindurch unmöglich längere Zeit halten, vielmehr gar nicht erst bilden könnte. Das

Magma der Vulkane kann also nicht von dieser Schicht des Güntherschen Schemas herrühren.

IV. In der Zone gewöhnlicher Flüssigkeit wird das zähe Magma immer leichtflüssiger, bis es zuletzt so wie unsere gewöhnlichen Flüssigkeiten nahe ihrem Siedepunkt erscheint.

V. In der Zone der gewöhnlichen Gase befinden sich Gase, oder besser vielleicht Dämpfe, in einem derartigen Zustand, daß sie noch allein durch weitere Druckvermehrung zu verflüssigen sind.

VI. Dagegen in der Zone der überkritischen Gase sind diese bereits so überhitzt, daß sie durch keinen Druck mehr verflüssigt werden können. Wenn auch natürlich alle Gasarten vollständig durcheinander gemischt sind, führt hier doch noch jeder einzelne Stoff ein Sonderdasein.

VII. Im Zentralball der einatomigen Gase ist diese Individualität der einzelnen Elementargase geschwunden, d. h. alles ist dissoziiert, und wir haben einen durchaus homogenen Gasball. Notwendigerweise wird sich dieser in einem sogenannten „isentropischen“ Zustand befinden müssen, d. h. jede gleiche Gasmenge nimmt, an verschiedene Stellen des Balls gebracht, infolge der eigenen Ausdehnung resp. Kompression sofort dieselbe Dichte und Temperatur an wie die Umgebung. Das Gleichgewicht ist also indifferent; Strömungen irgendwelcher Art können nicht auftreten. Von einem gewaltigen Wallen und Brodeln des Innern, wie es sich Laien gern vorstellen, ist demnach gar keine Rede.

Gegen diese Theorie vom feuerflüssigen und gasartigen Innern unserer Erde sind stets eine Reihe von Einwänden erhoben worden. Die Kontinuitätshypothese ist denn auch verschiedentlich modifiziert worden, ehe sie in die vorgetragene Form gelangte. Dennoch scheint es, als ob sie den Angriffen der astronomischen und physikalischen Gründe, die wohl einen festen Aggregatzustand fordern, nicht gewachsen ist.

Zunächst ist zu betonen, daß aus der Abplattung der Erde allein keineswegs auf einen tropfbar flüssigen Zustand, auch in früheren Zeiten nicht, geschlossen werden muß. Denn auch ein fester elastischer Körper von der Umdrehungsgeschwindigkeit und den Dimensionen der Erde würde unbedingt eine Abplattung zeigen.

Unter den weiteren Tatsachen, die uns Aufschlüsse über das Innere der Erde geben können, muß zuerst das hohe spezifische Gewicht unseres Planeten genannt werden. Aus zahlreichen Messungen,

die nach den verschiedensten Methoden angestellt wurden, folgt als mittlere Erddichte 5,58. Die Dichte der Oberflächen-Gesteine beträgt aber im Mittel nur 2,7. Es ist sonach klar, daß es im Innern der Erde sehr viel dichtere Massen als an der Oberfläche geben muß.

Diesen Gedanken der ungleichen Massenverteilung kann man nun an einer astronomischen Erscheinung nachprüfen. Das ist die Präzession der Tag- und Nachtgleichen. Sonne und Mond wirken auf den der Erdkugel gleichsam aufgelagerten Massenwulst am Äquator in der Weise, daß die ihnen zugekehrte Hälfte stärker angezogen wird als die abgekehrte. Sie suchen also die Erde aus der Ebene ihrer Bahn herauszukippen. Diese Kippbewegung setzt sich mit der Drehbewegung in der Weise zusammen, daß die Erdachse im Laufe sehr langer Zeit (ca. 26000 Jahren) einen Kegelmantel beschreibt. Diese Erscheinung, die man Präzession nennt, hängt wesentlich von dem Trägheitsmomente der Erde ab, und dieses ist weiter nichts als ein Ausdruck für die Massenverteilung innerhalb der Erdkugel.

Über die Art dieser Verteilung, d. h. der Dichtezunahme von der Oberfläche zum Zentrum hin, existieren eine Reihe von hypothetischen Gesetzen. Das älteste wurde von Legendre aufgestellt und von Laplace vielfach benutzt. Hiernach soll die Dichtezunahme durch Druckvermehrung umgekehrt proportional zur schon vorhandenen Dichte sein. Ein anderes von G. H. Darwin gebrauchtes Gesetz lautet: Der Druck ist proportional dem natürlichen Logarithmus der Dichte. Alle diese mehr oder minder mangelhaft begründeten Gesetze führen zu der Folgerung, daß, wie 2,7, die Dichte der Oberfläche etwa halb so groß ist wie die Dichte der ganzen Erde: 5,6, so auch diese etwa halb so groß wie im Zentrum, nämlich etwa 11,3, sei. Jedenfalls folgt hieraus, daß die Schwerkraft nach dem Innern zu zunächst wächst, dann aber, bei etwa 0,8 des Radius, von der Mitte aus ein Maximum erreicht und von da rasch zum Zentrum hin abfällt, wo sie natürlich Null ist. Dementsprechend wird auch die Druckzunahme im Innern viel langsamer erfolgen als in der Rinde.

Die Annahme, auf der alle diese Gesetze beruhen, daß die Dichtezunahme nach innen allein infolge Druckvermehrung eintritt, hat ihre großen physikalischen Bedenken. Denn eine Kompression des inneren Gaskerns bis etwa zur Dichte 10 kann man sich eigentlich nur schwer vorstellen, weil ja die Zusammendrückbarkeit der Gase, wenn sie auch sehr groß ist, doch schließlich nicht unendlich sein kann. Die Moleküle sind an sich recht widerstandsfähige Dinge. Beim Komprimieren kann nur der Zwischenraum zwischen ihnen verringert werden, und wenn anderes der Stoff gasförmig bleiben soll, muß dies einmal eine

Grenze erreichen. Viel wahrscheinlicher ist daher die Annahme von Wiechert, daß die Dichteunterschiede der Erde vorwiegend auf Materialverschiedenheiten zurückzuführen sind.

Ein dafür genügend hohes spezifisches Gewicht haben nur wenige Substanzen. Außer den Schwermetallen kämen eigentlich nur noch Blei-, Quecksilber- und Jodverbindungen in Betracht. Da es ihre Seltenheit ziemlich unwahrscheinlich macht, daß sie im Erdinnern in nennenswerten Mengen vorkommen, bleibt nur die Annahme großer Metallmassen übrig. Eine ganze Reihe von Beobachtungen spricht nun dafür, daß dieser Metallkern aus Eisen und den damit nächst verwandten Metallen besteht. Vor allem zeugt dafür die auffallende Tatsache, daß die Meteoriten entweder aus Silikaten oder aus Eisen mit ein wenig Nickel, also aus der Rinde oder dem Kerne zerstörter Weltkörper bestehen, daß ferner, wie die Spektralanalyse lehrt, auch auf der Sonne und den anderen Fixsternen Eisen in großen Mengen vorkommt. Nimmt man nun noch dazu, daß sich auf der grönländischen Insel Disko gewaltige Eisenmassen befinden, die, wie der geologische Befund lehrt, durch Eruptionen nach oben befördert wurden, so kann man der Annahme, daß wohl der größere Teil der Erde aus Eisen besteht, eine gewisse Berechtigung nicht absprechen. Vielleicht deuten auch die erdmagnetischen Verhältnisse darauf hin.

Außer dieser Annahme, daß die Dichteunterschiede, wie sie aus dem spezifischen Gewichte der Erde folgen, nicht durch Kompression, sondern nur durch Materialverschiedenheiten erklärt werden können, benutzt Wiechert ferner noch die Hypothese vom hydrostatischen Gleichgewicht. Er nimmt also für die Erdkugel einen Kern von konstanter Dichte und einen Mantel von ebenfalls konstanter, aber anderer Dichte an, dessen Grenzfläche eine Niveaufläche der Schwere sein soll. Dann rechnet er aus, welche spezifischen Gewichte und welche Dimensionen Kern und Schale haben müssen, damit die tatsächlich beobachtete Verteilung der Schwere, Abplattung, Präzession und Nutation eintritt. Das Problem ist eindeutig. Die ziemlich schwierige Rechnung liefert als Haupt-Ergebnis: die Dichte der Rinde muß 3,098, die des Kerns 8,206 betragen, also nur wenig mehr wie Eisen. Die äquatoriale Achse des Kerns ist 4977 km, die polare 4962 km. Seine Abplattung beträgt demnach $^1/_{331}$. Rund $^1/_5$ des Radius oder etwa 1400 km nimmt also die Rinde ein. Nun wird bekanntlich die Schwerkraft auf dem Kontinent durch Massendefekte und Gebirge stets auf einen ziemlich normalen Betrag kompensiert. Daß dieser auch auf dem Meere erreicht wird, scheint zu zeigen, daß unsere ganze feste obere Erdrinde auf einer nachgiebigen, mehr oder minder

plastischen Unterlage schwimmt, die stets ein hydrostatisches Gleichgewicht hält. Wiechert nimmt demnach zwischen Kern und Schale eine plastische Schicht von verhältnismäßig geringer Dicke an. Diese Schicht wird den Kern für Stöße von dem Mantel isolieren, so daß z. B. Erdbebenwellen nur sehr geschwächt ins Innere eindringen können und sich vornehmlich längs der Rinde fortpflanzen. Nach dieser ganzen Auffassung kann der feste Kern schon zu einer Zeit bestanden haben, als die äußere Rinde erst zu erstarren anfing. Vielleicht kann man so die etwas größere Abplattung des Kernes erklären. Früher hätten dann größere Rotationsgeschwindigkeiten der Erde als heute bestanden, wie dies ja auch aus anderen Gründen wahrscheinlich ist, und in dieser Gestalt der innersten Schichten hätten sie ihre Spuren hinterlassen. Eine Bestätigung und Verwertung dieser Annahmen von der inneren Struktur unseres Planeten werden wir bei Betrachtung der Erdbebenschwingungen noch kennen lernen.

Wie schon erwähnt, war es in den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts, daß Hopkins den flüssigen Kern der Erde zum ersten Male ernstlich bestritt. Er versuchte nachzuweisen, daß die Präzession einer flüssigen Erde anders sein müsse wie die einer festen. Diesen Versuch muß man heute als mißlungen ansehen. Man kann tatsächlich behaupten, daß die Präzession einer festen und die einer flüssigen Erde nahezu dieselbe sein würde, falls letztere nicht genau kugelförmig ist. Dagegen gibt es eine andere astronomische Erscheinung, die von dem Grade der Nachgiebigkeit des Erdinnern stark abhängt, das ist die sogenannte „freie Nutation". Der früher erwähnte Kegelmantel, den die Erdachse bei der Präzession beschreibt, ist nämlich keine genaue Rotationsfläche, sondern infolge kleiner Oszillationen der Achse wellenförmig gerieft. Diese Erscheinung ist die Nutation, die, ähnlich wie die Präzession, durch die ungleiche Anziehung des Mondes auf den Äquatorwulst hervorgerufen wird. Als diese Bewegung der Erdachse im Jahre 1747 von Bradley entdeckt wurde, fand man durch theoretische Überlegungen bald, daß auch eine Bewegung der Erdkugel selbst in bezug auf ihre Drehungsachse möglich sei, so daß also jeder Ort der Erdoberfläche seine Breite periodisch ändern müsse. Leonhard Euler zeigte, wie man die Periode einer derartigen „freien Nutation" aus der eben erwähnten „erzwungenen" Nutation und der Präzession berechnen könne, und fand dafür eine Zeit von 305 Tagen.

Erst in den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts gelang es, mit der allmählich sich verfeinernden Technik der Instrumente und der Beobachtungsmethoden tatsächlich gewisse Breitenänderungen, d. h. Polhöhenschwankungen, aufzufinden, die seitdem die Aufmerk-

samkeit der Geographen und Astronomen in hohem Maße beschäftigen. Lange konnte man diese Erscheinung nicht befriedigend erklären. Denn da man immer davon ausging, daß eine Periode dieser Schwankungen ja nach Euler ca. 305 Tage betragen müsse, und nur nach einer solchen suchte, konnte man tatsächlich gar keine bestimmte Periode finden. Die Belastung der Erdoberfläche durch das Polareis und sein unregelmäßiges Abschmelzen reichten wohl qualitativ, aber bei weitem nicht quantitativ zur Erklärung aus. Erst Chandler, der diese Frage noch einmal ganz unabhängig untersuchte, fand eine deutliche Periode, aber — von 427 Tagen. Außerdem fand er noch mehrere kleinere Ungleichheiten dieser ganzen Bewegung, deren Ursprung astronomisch nicht erklärt werden kann. Diese mögen ja wohl wirklich auf irgend welchen Massenverschiebungen, z. B. des Polareises, beruhen.

Wie kommt es nun, daß die zu erwartende Periode in Wirklichkeit so verlängert ist? Die Lösung dieses Rätsels fand der amerikanische Astronom Newcomb. Er zeigte, daß infolge der Achsenbewegung der Erde die Verteilung der Zentrifugalkraft ebenfalls kleine Schwankungen machen muß. Daraus entstehen Spannungen durch den ganzen Erdball, und dieser wird wie jeder andere elastische Körper nachgeben müssen. Nun ist jene Eulersche Periode von 305 Tagen unter der Annahme berechnet, die Erde sei absolut starr. Das ist aber keineswegs der Fall, und man kann augenscheinlich ohne weiteres berechnen, welche Elastizität die Erde haben müßte, um die gefundene Verlängerung zu ergeben. Für eine homogene Erde findet man daraus einen Elastizitätsmodul von 9200 kg/mm^2; für eine Massenverteilung nach der Wiechertschen Annahme 11700. Beide Werte liegen zwischen dem Elastizitätsmodul des Glases 6500 und dem des Eisens 19000 bis 21000, während die entsprechenden Werte für Holz z. B. nur 500 bis 800, für Kalkstein 1900, für Marmor 2600 betragen. Die Erde in ihrer Gesamtheit besitzt also eine Starrheit, die die des Glases übersteigt und, wenn man die etwas größere Nachgiebigkeit der Oberfläche berücksichtigt, im Innern wohl der des Eisens nahe kommen dürfte.

Es ist klar, daß auch die Meere sich einer derartigen Verschiebung des Erdkörpers anpassen und eine gewisse Gezeitenbewegung infolge dieser „freien Nutation“ ausführen werden. Man suchte deshalb auch in den Wasserständen der Ozeane nach einer Periode von ungefähr 427 Tagen. Tatsächlich ist eine derartige „Breitenflut“ sowohl an der holländischen Küste wie an der atlantischen Seite von Nord-Amerika festgestellt worden, so daß die Berechnungen der Chandlerschen Periode hieraus eine bedeutende Stütze gewinnen.

Um hieraus Schlüsse über den inneren Zustand der Erde ziehen zu können, müssen wir bedenken, daß Abplattung, Präzession und erzwungene Nutation, so wie wir sie beobachten, sowohl bei einer vollständig flüssigen wie bei einer vollständig festen Erde auftreten könnten. Nur die Verlängerung der Periode der Polhöhenschwankungen bliebe für eine Flüssigkeitskugel, deren Haut so leicht wie Kautschuk nachgäbe, ungeklärt, und man müßte irgend welche klimatischen und meteorologischen Faktoren dafür heranziehen. Eine derartige Nachgiebigkeit der Oberfläche ist aber auch noch aus anderen gewichtigen Gründen ausgeschlossen.

Die Gezeiten des Ozeans nämlich bestehen bekanntlich in einer relativen Bewegung des Wassers gegen das Land. Dies wäre bei einer nachgiebigen Erdkruste nicht möglich. Denn ein flüssiges Erdinnere muß unter der Einwirkung von Sonne und Mond ebenfalls Gezeiten zeigen. Dann würde sich also gerade so wie der Ozean auch der vom flüssigen Innern getragene Kontinent heben und senken, so daß eine richtige Ebbe und Flut an den Küsten nicht eintreten könnte.

Wenn die feste Kruste nur bis zu einen gewissen Grade nachgiebig wäre, so müßte die scheinbare ozeanische Flut in entsprechendem Maße vermindert werden. Lord Kelvin hat berechnet, daß die Höhe der Fluten selbst auf einer Kugel, die durch und durch von der Elastizität des Glases ist, nur $^2/_5$ von der auf einer starren Kugel sein würde, auf einer Kugel von der Starrheit des Stahles auch nur $^2/_3$. Die Annahme einer Flüssigkeitskugel mit verhältnismäßig starrer Kruste scheint also mit der Höhe der beobachteten Fluten nicht vereinbar. Wenn man auch die Fluthöhe theoretisch nicht mit so großer Genauigkeit wie viele anderen physikalischen Größen berechnen kann, so muß man doch sagen, daß sie keineswegs mehr wie etwa zweimal so viel als die beobachtete Höhe sein kann. Auch hieraus scheint ebenso wie aus den Polhöhenschwankungen zu folgen, daß die Erde durch und durch starrer wie Glas ist und nicht im Innern noch in beträchtlichem Grade bewegliche Flüssigkeit enthalten kann.

Einer der wichtigsten Einwände der Anhänger der „Gastheorie der Erde“ besteht nun darin, daß sie sagen, durch den hohen Druck wären das Magma und die Gase so stark komprimiert und zeigten dann eine so geringe Kompressibilität, daß sie eine Zähigkeit etwa wie Pech erlangt hätten und sich schnell wechselnden Kräften gegenüber wie feste Körper verhielten. Selbst gegenüber verhältnismäßig so schnellen Wechseln, wie es die halbtägigen Gezeiten sind, ist dies noch höchst zweifelhaft. G. H. Darwins Rechnungen wenigstens ver-

langen, auch bei einer Kugel, die 100000mal zäher wie Pech bei 0° ist, noch eine derartige Nachgiebigkeit, daß Wasserfluten kaum zu beobachten wären. Bei langsamem Wechseln der Kräfte dagegen müßten derartig zähe Massen ganz unbedingt nachgeben, und eine dementsprechende Flut der Ozeane würde nicht konstatiert werden können; eine feste Erde aber würde auch hierbei sich nicht mehr wie sonst deformieren.

Nun gibt es theoretisch eine solche langsame Periode in den Gezeiten, und zwar eine halbmonatige, so daß sich hier eine Entscheidung müßte finden lassen. Diese wird noch dadurch erleichtert, daß sich die Höhe dieser 14tägigen Flut viel genauer berechnen läßt als die Höhe der halbtägigen. Abweichungen müssen also hierbei besonders deutlich werden. In der Tat ist nun wirklich eine solche 14tägige Periode der Ozeanfluten zu beobachten. Das Innere ist demnach zweifellos starrer wie zähes Pech; — aber die Höhe dieser Halbmonatsfluten ist entschieden kleiner als die berechnete. Es gibt also wirklich körperliche Gezeiten der ganzen Erde. Aus der Größe dieser Nachgiebigkeit der Erde berechnete G. H. Darwin, daß ihre Starrheit so groß wie die von Stahl bei gewöhnlicher Temperatur und bei normalem Druck ist. Ob man hieraus noch weitere Schlüsse ziehen kann, hängt noch von näheren Forschungen ab, die gerade hier der Kleinheit der ganzen Erscheinungen wegen besonders exakt sein müssen, denn die Höhe der 14tägigen Flut auf einer starren Erde würde nur 11,4 cm, auf einer stählernen 7,6 cm und einer gläsernen 4,6 cm betragen, so daß die Erscheinung durch lokale Witterungseinflüsse leicht vollständig verdeckt werden kann.

Dies sind im wesentlichen die Folgerungen, die wir aus den astronomischen Beobachtungen und der Gezeitenbewegung für den Zustand unserer Erde ziehen können. Das einzige, was außer diesen noch den ganzen Erdball betrifft und also allein noch über das Ganze der Erde aufklären kann, sind die Erdbebenschwingungen.

In der Tat erwächst uns für unsere Zwecke in der Seismologie eine gewichtige Hilfe. Die großen Fortschritte, die man heute in der Vervollkommnung der Seismographen gemacht hat, die es gestatten, selbst die kleinsten Schwankungen und Pulsationen des Erdbodens zu verfolgen, haben uns auch mit einer Reihe ganz neuer Erscheinungen bekannt gemacht, die wir am besten bei Betrachtung eines einzelnen Seismogramms studieren können.

Als erstes Anzeichen eines Bebens bemerkt man kurze, unregelmäßige Schwingungen, die sogenannten „ersten Vorläufer". Bei einem in Göttingen registrierten typischen Beben (Fig. 2), dessen Zentrum in

Kleinasien lag, betrug die Dauer der einzelnen Schwingungen 2,5 Sekunden. Nach etwa drei Minuten zeigten sich plötzlich, mit neuem, charakteristischem Einsatz, Erschütterungen von viel größerer Amplitude, die sogenannten „zweiten Vorläufer". Nach Verlauf endlich von etwa sechs Minuten setzten ganz regelmäßige Schwingungen ein von außerordentlich großer Amplitude und der viel längeren Periode von 5,6 Sekunden. Diese „Hauptwellen" wuchsen rasch zu einem Maximum an, um dann allmählich wieder abzunehmen, bis nach etwa 30 Minuten die ganze Bewegung unmerklich geworden war.

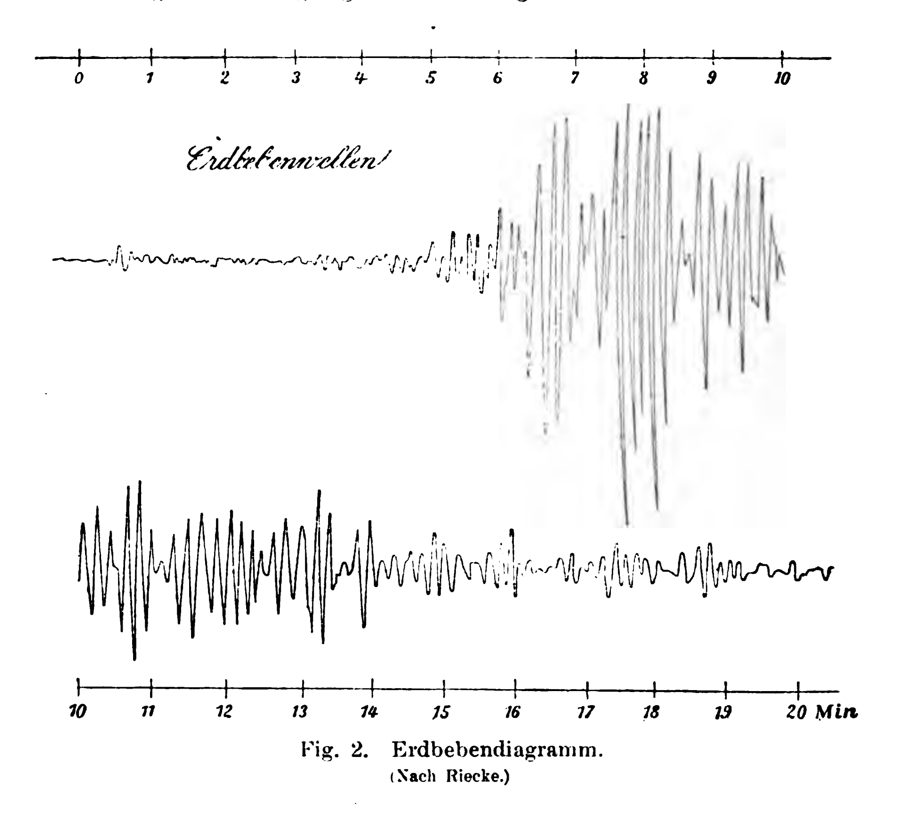


Fig. 2. Erdbebendiagramm.
(Nach Riecke.)

Man nimmt heute allgemein an, daß die ersten Vorläufer Longitudinalwellen, die zweiten Vorläufer Transversalwellen und die Hauptwellen Oberflächenwellen sind. Um aber die Bedeutung dieser Annahme und die ganzen Verhältnisse bei Fortpflanzung der Erdbebenschwingungen übersehen zu können, müssen wir etwas weiter ausholen.

Setzen wir eine derartige Massenverteilung, wie sie oben nach Wiecherts Anschauungen geschildert wurde, also einen Metallkern

mit umgebendem Steinmantel, voraus, so ergibt sich folgendes Bild. (Fig. 3.)

Nach irgend einem vom Erdbebenherde nicht allzu entfernten Punkte können Wellen sowohl direkt wie nach ein- oder mehrmaligen Reflexionen am Kern oder an der Oberfläche gelangen. Ist die Geschwindigkeit der Fortpflanzung im Kern größer als im Mantel, so werden die Wellen nach außen gebrochen, und es könnten auch durch den Kern hindurch Wellen nach dem Beobachtungsorte gelangen, die allerdings der plastischen Zwischenschicht wegen sehr geschwächt sein müßten.

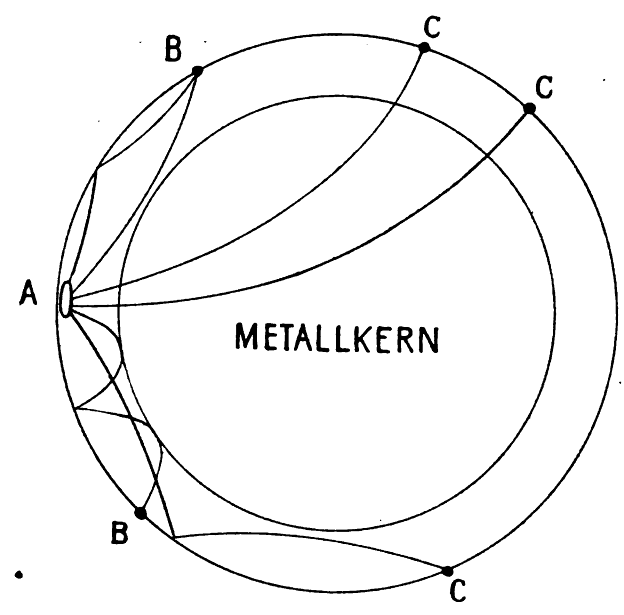


Fig. 3. Gang der Erdbebenwellen im Erdkörper.
A Erdbebenherd. B Direkter Weg der Wellen, ein- oder mehrfach reflektiert.
C Durch den Kern gebrochene und um ihn herum reflektierte Wellen.

Nach allen Punkten der Oberfläche aber, die gewissermaßen im Schatten des Kerns liegen, könnten in der geraden Linie keine Wellen gelangen, sondern nur solche, die entweder an Oberfläche und Kern mehrmals reflektiert wurden, oder solche, die durch den Kern hingebrochen wurden. Das Verhalten dieser gebrochenen Wellen hängt davon ab, ob sie im Kern schneller oder langsamer gehen wie im Mantel. Im ersteren Falle würde der Kern wie eine Zerstreuungs-, im zweiten Fall wie eine Sammellinse wirken.

Die Verhältnisse sind nun aber doch viel schwieriger als die scheinbar analogen der Optik. Die elastischen Schwingungen sind

nämlich zweierlei Art. Es gibt longitudinale oder Kompressionswellen und transversale oder Verschiebungswellen. Beim Auffallen auf eine Grenzfläche zerspaltet sich also die elastische Welle in zwei gebrochene und zwei reflektierte Wellen. Dazu kommt, daß von diesen vier so entstandenen Wellen je zwei auch noch verschiedene Geschwindigkeiten haben, und zwar geht die Longitudinalwelle viel rascher wie die Transversalwelle.

Um die Seismogramme mehrerer Erdbeben in verschiedenen Entfernungen untereinander zu vergleichen, kann man die Geschwindigkeiten der einzelnen Wellenzüge ausrechnen. Als Entfernung kann man dabei sowohl den Abstand auf der Oberfläche, wie die sogenannte „Epizentral-Entfernung“, d. h. die gerade Linie zwischen zwei Punkten durch den Erdkörper hindurch, zugrunde legen. Bei den großen Abständen, die ja meist in Betracht kommen, kann man dabei die Tiefe des Erdbebenherdes vernachlässigen und ihn selbst als punktförmig annehmen. Richtiger aber ist es wohl, statt der Geschwindigkeiten direkt die Laufzeiten selbst in Beziehung zu dem Abstand auf der Oberfläche zu setzen, d. h. Laufzeitkurven aufzustellen. Denn wie wir noch sehen werden, pflanzen sich die Erbebenwellen gar nicht in gerader Linie fort, so daß man die wirkliche Geschwindigkeit auf jene Weise doch nicht messen könnte. Diese kann man vielmehr nach einer kürzlich von Benndorf entdeckten, ganz allgemeinen Beziehung nur aus der scheinbaren Oberflächengeschwindigkeit und dem sogenannten Emergenzwinkel finden, d. h. dem Winkel, unter dem ein Erdbebenstoß auf die Horizontalebene trifft, den man messen kann.

Während nun die auf den peripheren Abstand bezogene Geschwindigkeit der Hauptwellen immer, auch bei der größten Entfernung des Erdbebenherdes vom Beobachtungsorte, nahezu dieselbe bleibt, so daß man annehmen kann, sie pflanzten sich direkt an der Oberfläche entlang fort, zeigt sich die Geschwindigkeit der beiden Vorläuferarten sehr von der Entfernung abhängig. Zunächst wird der Zeitunterschied zwischen dem Eintreffen der ersten und zweiten Vorläufer mit dem Abstand des Herdes größer, so daß man annehmen muß, es handle sich hier um zwei verschiedene Wellenarten mit verschiedener Geschwindigkeit. Dies können nach dem oben Gesagten nur die schnellen Longitudinal- und die langsameren Transversalschwingungen sein.

Rechnet man nun ferner nach der Benndorfschen Beziehung ihre wirklichen Geschwindigkeiten aus, so zeigt es sich, daß diese mit der Entfernung sehr stark zunehmen, und da man aus einer Reihe von Emergenzwinkeln auch die Tiefe ausrechnen kann, bis zu der

die Erdbebenwellen vorgedrungen waren, ehe sie beobachtet wurden, so vermag man als Resultat mit sehr großer Sicherheit auszusprechen: „Je tiefer die Erdschichten, um so größer die Fortpflanzungsgeschwindigkeit.“ Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß sich die Erderschütterungen auf Linien fortpflanzen müssen, die so gekrümmt sind, daß sie ihre konkave Seite der Oberfläche zuwenden. Daß dies auch schon in dem Mantel, der ja doch durchweg ziemlich dieselbe Dichte haben soll, stattfindet, ergibt sich aus der starken Verminderung der Kompressibilität mit Steigerung des Druckes. Gerade von der Zusammendrückbarkeit hängt ja die Geschwindigkeit sehr wesentlich ab.

Durch sinnreiche Methoden gelang es Benndorf, auch die Größe der wirklichen Geschwindigkeit in jeder einzelnen Tiefe ziemlich genau festzustellen, und da zeigte sich das höchst interessante Ergebnis, daß in den Tiefen gleich etwa $^1/_5$ und $^1/_{20}$ des Radius plötzliche Sprünge auftreten. Der erste ist gleichbedeutend mit der Wiechertschen Grenze von Mantel und Kern etwa 1400 km unter der Oberfläche, der zweite, bei weitem nicht so scharf ausgeprägte, den vor allem Milne gefunden zu haben glaubt, scheint in 300 bis 500 km Tiefe zu liegen.

Diese Bestätigung der Wiechertschen Anschauungen ist aber keineswegs das wichtigste Ergebnis dieser Untersuchungen. Dies liegt vielmehr darin, daß das Vordringen der Transversalschwingungen genau so wie der Longitudinalschwingungen in sehr große Tiefen sicher nachgewiesen wurde. Dann aber kann hier unmöglich ein flüssiger Aggregatzustand herrschen. Denn Transversalschwingungen in einer Flüssigkeit sind eine physikalische Unmöglichkeit!!

Nimmt man nun diese Tatsache, daß sich unser Planet bis in sehr große Tiefen hinein gegenüber elastischen Wellen vollständig wie ein fester Körper verhält, zusammen mit seiner aus so vielen Erscheinungen gefolgerten außerordentlichen Starrheit, so scheint der Schluß kaum zu vermeiden: „Das Innere der Erde ist weder flüssig noch gasförmig, sondern fest!“

Die Entstehungsweise einer derartigen Struktur kann man sich nun aber bedeutend leichter vorstellen als die Bildung eines Gaskerns, wie ihn die Günthersche Kontinuitätshypothese verlangt. Denn wie sich eine feste Kruste um einen Gasball legen soll, der durch dieselbe Kruste auch noch gewaltig komprimiert wird, das stellt doch ziemlich große Anforderungen an unser Vorstellungsvermögen. Falls sich wirklich ein derartiger Zustand für einen Augenblick ausbilden sollte, müßte er wohl unbedingt labil sein, und die Erde hätte

schon vor langer Zeit, als sich die erste dünne, feste oder flüssige Schicht um das glühende Gas zu legen suchte, wie eine Seifenblase zerplatzen müssen.

Sämtliche Ansichten über die Abkühlung der Erde übergehen denn auch die Bildungsweise einer flüssigen Schale mit Stillschweigen und beginnen ihre Betrachtungen damit, daß sie eine volle Flüssigkeitskugel voraussetzen, deren höchste Temperatur zwar außerordentlich hoch, aber doch unterhalb der höchsten, bei den einzelnen Stoffen auftretenden kritischen liegen muß. Ein Streit besteht nur darüber, ob sich zuerst ein fester Kern oder eine feste Rinde bilden wird.

Es handelt sich dabei im wesentlichen um die Frage, ob die irdischen Stoffe, wenn sie sich unter die Schmelztemperatur abkühlen, beim Festwerden eine Ausdehnung oder eine Zusammenziehung erfahren, also dabei entweder untersinken oder, wie Eis auf Wasser, schwimmen bleiben. Lange konnte dies durch Experimente nicht genügend klar gestellt werden.

In jüngster Zeit hat aber Tammann unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet sehr wesentlich erweitert, indem er die Schmelzkurven der verschiedensten Stoffe bis zu Drucken von 10000 Atmosphären verfolgte. Von seinen Resultaten ist für uns das Wichtigste, daß bei einem und demselben Stoff beim Festwerden je nach den Druckverhältnissen sowohl Ausdehnung wie Zusammenziehung eintreten kann. Unter normalem Druck dehnen sich die meisten Stoffe beim Schmelzen aus, so daß das Feste untersinkt. Je höher nun aber der Druck gesteigert wird, um so höher steigt auch die Schmelztemperatur; dabei wird auch die Volumzunahme immer geringer und zuletzt Null, so daß bei einem gewissen Druck, — „beim Druck des maximalen Schmelzpunktes“ — das Feste im Flüssigen an jeder Stelle schwimmt. Bei noch höheren Drucken wird die Schmelztemperatur wieder niedriger, das Volumen der festen Phase also größer als das der flüssigen, d. h. das Feste schwimmt als Kruste oben.

Wenn wir diese Hauptergebnisse von Tammanns Versuchen auf die Abkühlung einer homogenen Flüssigkeitskugel anwenden wollen, so müssen wir mehrere verschiedene Fälle unterscheiden, von denen aber für einen Weltkörper nur ganz bestimmte wahrscheinlich sind. Unwahrscheinlich ist es z. B., daß die ganze Flüssigkeitskugel durchweg die gleiche Temperatur hat und — etwa durch Wallungen oder Konvektionsströme — stets ein rascher Ausgleich geschaffen wird. Wir werden im Gegenteil annehmen müssen, daß die äußere Flüssigkeit stets bedeutend kälter als die innere ist. Steigt nun die Temperatur von außen nach innen schneller als der Schmelzpunkt in-

folge der Druckzunahme, so werden etwas andere Verhältnisse eintreten wie im entgegengesetzten Fall.

Wenn nämlich die Temperatur in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche niedriger als die zu dem dort herrschenden Druck gehörige Schmelztemperatur geworden ist, so wird an dieser Stelle, — also im Innern der Masse — die Kristallisation beginnen müssen. Die so fest gewordenen Teile müssen dann bis zu der Tiefe sinken, wo der Druck des maximalen Schmelzpunktes herrscht. Die Kristallisationsschale, die sich so allmählich bildet, wächst nun bei fortschreitender Abkühlung nach beiden Seiten hin weiter, nach innen unter Volumzunahme nur langsam, nach außen unter Volumabnahme schneller.

Die hierdurch bedingten Spannungen werden die Schale von Zeit zu Zeit sprengen, und ein Teil der Flüssigkeit wird nach oben gepreßt werden.

Nach innen zu kann übrigens die Kristallisationszone nicht unbegrenzt weiterwachsen, sondern nur bis zu der Tiefe, wo der „maximale Schmelzdruck" herrscht. In noch größeren Tiefen, also bei noch höheren Drucken wäre nämlich ein kristallinischer Zustand nicht mehr beständig. Die Flüssigkeit muß dort bei fortschreitender Abkühlung als amorphe Masse erstarren.

Tritt der oben erwähnte zweite Fall ein, daß die Temperatur in den Tiefen des Weltkörpers schneller steigt, als der Schmelzkurve in Hinsicht des dort herrschenden Druckes entsprechen würde, — was Tammann für wahrscheinlicher hält —, so wird zuerst an der Oberfläche die Schmelztemperatur unterschritten werden, und beim Kristallisieren unter dem dort herrschenden geringen Druck muß ein Zusammenziehen der erstarrten Schicht stattfinden. Sie wird also bis in solche Tiefen untersinken, wo durchweg die Temperatur der Schmelzkurve überschritten ist. Dort werden dann die schon erstarrten Massen wieder aufgeschmolzen werden. Dieser ganze Vorgang muß sich augenscheinlich periodisch wiederholen, so daß ein Vergleich mit den Sonnenflecken naheliegt. Bei weiterer Abkühlung wird dabei die Sinkgrenze der erstarrten Schollen immer tiefer reichen, und auch die Periode wird dabei immer länger werden. Endlich aber werden die Strömungsbewegungen oben ganz aufhören, da dort alles dauernd fest geworden ist. Für die Zustände im Innern gilt weiterhin dasselbe, was für den ersten Fall gesagt wurde.

Es ist also tatsächlich in einem gewissen Stadium der Abkühlung die Existenz eines Flüssigkeitskernes mit dünner fester Schale möglich, — doch wohlgemerkt nur bei einer chemisch homogenen Kugel. Das ist die Erde nun aber keineswegs; sie besteht vielmehr

aus so vielen sich ganz verschieden verhaltenden Stoffen, daß alles noch sehr viel komplizierter wird.

Zunächst werden wohl in der kristallisierenden Flüssigkeit Gase gelöst sein, die beim Erstarrungsprozeß entbunden werden. Dabei müßten ähnliche Erscheinungen wie die Sonnenfackeln und die Protuberanzen auftreten.

Weiterhin werden aber überhaupt alle Stoffe, die bei einigen tausend Grad sich noch weit oberhalb ihres kritischen Punktes befinden, sich explosiv ihren Weg zur Oberfläche bahnen und dort erst später sich verfestigen oder chemisch gebunden werden. Die übrigen

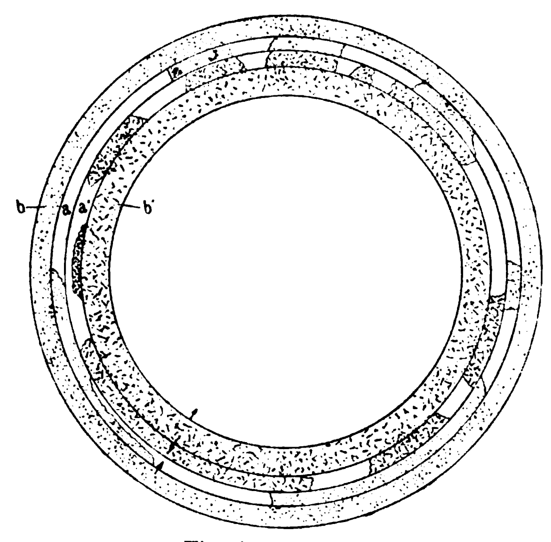


Fig. 4 (nach Johnson).
Die Flüssigkeit ist in a und a' differenziert, die Kristallisationszone b wächst auf Kosten von a nach innen, die Zone b' auf Kosten von a' nach außen.

werden sich bei sinkender Temperatur je nach ihrem Zustandsdiagramm (Beziehung zwischen Temperatur und Druck bei einer Umwandlung) voneinander spalten, so daß die oben für eine homogene Kugel durchgeführte Betrachtung für jeden Stoff einzeln anzustellen wäre.

So gelangt man zu mehreren Kristallisations-Schalen mit dazwischen liegenden Flüssigkeitszonen, die infolge der fortschreitenden Erstarrungsvorgänge bald an der Innen-, bald an der Außenseite einer solchen Schale unter stets wechselnden Druckverhältnissen stehen. Wie Johnson kürzlich sehr anschaulich gezeigt hat (Fig. 4), werden sich daher bei immer weitergehender Differenzierung der Flüssigkeit und Ausscheidem neuer Kristalle die einzelnen festen Schalen gegeneinander verzapfen und versteifen. Auf diese Weise

kann sich eine ganze Anzahl von Flüssigkeitskammern bilden, und da bei einzelnen Schwermetallen der maximale Schmelzdruck sicherlich ganz außerordentliche Werte erreicht, so kann wohl der ganze Erdkörper eine zellenförmige Struktur erhalten.

Den flüssigen Inhalt dieser Kammern kann man vielleicht mit den peripherischen Einzelherden der Stübelschen Vulkantheorie identifizieren. Zeitweilige Berstungen der einzelnen Innengürtel mögen zu intratellurischen Eruptionen und zu einer neuen Speisung der Einzelherde von innen heraus führen, was sich auf der Oberfläche wohl erdbebenartig äußern kann.

Außerdem aber sind die Umwandlungen in der Kugel mit der einfachen Kristallisation noch keineswegs zu Ende. Denn sehr viele Stoffe — nach den neuesten Untersuchungen fast alle — zeigen polymorphe Kristallarten; so existieren z. B. von gewöhnlichem Eis drei verschiedene Formen. Wird nun bei der Abkühlung eine derartige Umwandlungskurve erreicht, so kann dies zu weiteren ponderomotorischen Wirkungen auf der Oberfläche Anlaß geben. Sind nämlich schon zahlreiche Kristallisationszentren der neuen Art vorhanden, so tritt bei Unterschreiten der betreffenden Temperatur die Umwandlung allmählich ein, und eine nur langsame Volumvermehrung wird stattfinden. Hierin könnten die säkularen Änderungen des Erdniveaus ihre Ursache haben. Sind dagegen vor Unterschreiten der betreffenden Temperatur noch keine Kristallisationszentren der neuen Art aufgetreten, hat vielmehr eine starke Unterkühlung stattgefunden, so vollzieht sich die Umwandlung sehr rasch und infolge der schnellen Druckänderung werden Erdbeben die Folge sein.

Wie Tammann hervorhebt, könnte man vielleicht auf diese Weise zu einer Analyse von Gesteinsschichten in solchen Tiefen gelangen, aus denen man sonst nichts erfährt. Kennt man nämlich die Tiefe eines Erdbebenherdes (woraus Druck und Temperatur wenigstens ungefähr folgen würde), so braucht man nur aus dem Zustandsdiagramm einer großen Zahl in Betracht kommender Stoffe dasjenige herauszusuchen, nach dem unter den betreffenden Verhältnissen eine Zustandsänderung stattfinden muß.

Nebenbei soll noch bemerkt werden, daß nicht nur die Stübelsche Annahme erschöpfbarer peripherischer Einzelherde, sondern auch seine Ansichten über den Vorgang der Eruption selbst in den Tammannschen Untersuchungen eine Stütze finden; denn man kann jetzt für jeden Ausbruch eine Druckvermehrung im Magma als Ursache annehmen. Für dampfreiche Laven hat dies bereits Arrhenius in allen Einzelheiten nachgewiesen, indem er einen peripherischen Einzel-

herd ähnlich wie eine osmotische Zelle auffaßte, die durch Aufnahme von Feuchtigkeit anschwillt. Hier zeigt sich nun, daß auch dampfarme Laven einen gewissen Kristallisationsdruck haben können. Während für die Oberfläche dies nicht zutrifft, dürfte schon in einer Tiefe von wenigen Kilometern der Druck hoch genug sein, so daß das erstarrende Magma sich ausdehnt und auf diese Weise zur Eruption Anlaß gibt.

Wir sehen somit, daß die Tammannschen Schmelzversuche in der Möglichkeit von Einzelherden einen Ausweg eröffnen, die Gesamtheit der vulkanischen Erscheinungen erklären zu können, ohne ein feuriges Innere annehmen zu müssen.

Nun stellen aber die Anhänger der „Gastheorie der Erde“ allen jenen mannigfaltigen astronomischen und physikalischen Gründen für die Starrheit und Festigkeit der Erde zwei gewichtige Einwände entgegen, die für ein feuerflüssiges oder gasförmiges Innere sprechen sollen. Das ist der Vulkanismus und die geothermische Tiefenstufe. Gelingt es, diese beiden Erscheinungen auch aus einer relativ kalten Erde zu erklären, so steht der Annahme eines festen Innern nichts mehr im Wege.

Bezüglich des Vulkanismus leisten dies, wie wir sahen, Tammanns Experimentaluntersuchungen in Verbindung mit Stübels Theorie.

Weit schwerer wiegt die überall zu findende Temperaturzunahme zum Innern hin. Geht diese in derselben Weise wie nahe der Oberfläche weiterhin so fort, so müßte in der Tat im Innern die für den Gaszustand erforderliche Temperatur herrschen. Es ergibt sich daher logisch die Folgerung: Wer das Innere für fest erklärt, muß auch annehmen, daß die Temperatur im Zentrum niedriger als beispielsweise 3—4000° ist.

Demnach muß jetzt zum Schluß noch eine neue Erklärung der geothermischen Tiefenstufe versucht werden.

Aus der Tatsache, daß für je 30 m Tiefe die Temperatur um ca. 1° steigt, braucht keineswegs ohne weiteres auf ein außerordentlich heißes Erdinnere geschlossen zu werden. Falls nämlich in der Erdrinde selbst eine Wärmeentwickelung stattfindet, deren Quellen man in allen möglichen chemischen Reaktionen und auch wohl in radioaktiven Wirkungen suchen kann, läßt sich diese ganze Erscheinung ebenso ungezwungen erklären. Die bisherigen Messungsergebnisse, die sich ja nur auf ein außerordentlich kleines Stück erstrecken, widerlegen diese Annahme keineswegs, scheinen sie vielmehr eher herauszufordern.

Eine kürzlich erschienene theoretische Untersuchung von J. Königsberger beleuchtet unter anderem ausführlich die Folgerungen, die sich aus der Annahme ergeben, in einer oberflächlichen Schicht finde eine gewisse Wärmeentwickelung statt, die nach innen zu abnehme. — Unterhalb dieser Schicht müßte dann der Gradient Null sein, und dort würde eine konstante Temperatur, die Maximaltemperatur des ganzen Erdballs, herrschen. An der Oberfläche würde der Gradient am größten sein und nach der Tiefe hin rasch abnehmen. Berücksichtigt man nun, daß die Leitfähigkeit der Gesteine mit der Temperatur abnimmt, daß also infolgedessen der Gradient steigen würde, so könnten sich diese beiden Wirkungen wohl ungefähr aufheben. Nimmt man dies an, so folgt aus der Bedingung, daß der Gradient bis zu 2 km Tiefe auf 1 % konstant sein soll, wie es bisweilen gefunden wurde, eine maximale Tiefentemperatur, die immer noch kleiner als 3000° ist.

Nach den berühmten Forschungen Fouriers über die Wärmeleitung, die Poisson auf die Abkühlung einer heißen Kugel anwandte, würde nun ein Gradient zu erwarten sein, der mit der Tiefe ein wenig wächst; infolge der Abnahme der Leitfähigkeit der Gesteine mit der Temperatur würde diese Zunahme noch wachsen. Tatsächlich aber bleibt der Gradient entweder konstant oder nimmt sogar vielfach entschieden ab. Daraus zieht Königsberger den Schluß, die alte Theorie genüge nicht.

In geringerem Maßstabe hat man chemische Wärmequellen schon mehrfach z. B. in Kohlenbergwerken und petroleumführenden Erdschichten annehmen müssen. Auch gewöhnliche Silikate können übrigens durch langsam verlaufende Prozesse — z. B. Bildung von Kaolin — Anlaß zu bedeutenden Wärmeentwickelungen geben.

Der Versuch, den ganzen Wärmefluß der Erde auf einen Prozeß radioaktiver Art zurückzuführen, rührt von W. E. Wilson her, der zeigte, daß die tatsächlich gefundene Radiummenge vollauf zur Erklärung genügt.

Aus der mittleren Leitfähigkeit der Gesteine von mindestens 0,006 kleinen Kalorien (Wärmeeinheiten) pro qcm und Sekunde und einer Tiefenstufe von ca. 3000 cm/Grad folgt ein Wärmefluß durch die ganze Erde von $5{,}1 \cdot 10^{12}$ cal. in der Sekunde. Nach den Messungen von Rutherford, Paschen und anderen, werden nun durch 1 Gramm Radium ca. 100 Kalorien in der Stunde erzeugt. Mithin wird der ganze Wärmefluß der Erde erklärt, wenn sie $1{,}84 \cdot 10^{14}$ Gramm Radium enthält. Das sind aber nur $1{,}7 \cdot 10^{-4}$ Milligramm oder ca. $^1/_{6000}$ Milligramm Radium pro Raummeter Erde!!

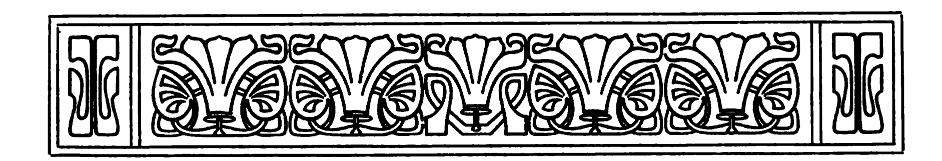
Nun untersuchten Strutt, Himstedt, Elster und Geitel die Gesteine der Erdoberfläche auf ihre Aktivität und fanden im Durchschnitt für die sich übrigens sehr verschieden verhaltenden Stoffe einen Radiumgehalt von etwa $^1/_{200}$ Milligramm im Raummeter, also bedeutend mehr, als erforderlich. Danach würde es genügen, wenn nur $^1/_{30}$ der Erdmasse oder eine äußere Schicht von ca. 73 km Dicke radioaktiv ist.

Man könnte sonach beinahe fragen, warum die Erde denn nicht heißer ist, wenn Radium die Ursache ihrer Wärme sein soll. Ein Grund könnte z. B. in dem noch gänzlich unbekannten Einfluß der hohen Innentemperatur auf den Zerfall des Radiums sein. Ein anderer Grund wäre seine nur beschränkte Lebensdauer. Bekanntlich faßt man die radioaktiven Erscheinungen heute als einen Zerfall der Atome auf, der natürlich mal ein Ende haben muß. In der Tat hat bereits Rutherford aus der bekannten „Abklingungszeit" des Radiumatoms das Alter der Erde zu bestimmen versucht.

Wie dem auch sein mag, jedenfalls geht aus allem hervor, daß die Existenz des Radiums und seiner wunderbaren Wirkungen zweifellos die Tiefenstufe erklären kann und sie scheinbar auch besser erklärt als die gewönliche Abkühlungstheorie. Damit aber ist der letzte Grund für ein feuerflüssiges Innere nicht mehr stichhaltig, und man kann wohl bis auf weiteres einen festen Erdkern annehmen.

Wie man sieht, tauchen so immer wieder neue Gesichtspunkte für die Behandlung unserer Frage auf. Wo so viele Fächer daran gearbeitet haben, die Geologie und Geographie, die Astronomie, die Physik und neuerdings die Chemie; — wo so verschiedene Dinge wie Erdbebendiagramme und Radium, die Gezeitenphänomene und Schmelzuntersuchungen herangezogen werden, ist vielleicht zu hoffen, daß auch über die so viel umstrittene Frage nach dem Zustand des Erdinnern doch noch einmal eine Einigung erzielt wird!





Meteorologie und Vogelzug.

Von **Dr. Friedrich Knauer** in Klausen.

Der Vogelzug ist ein uraltes Problem. Seit Menschengedenken wird er beobachtet. Anfänglich geschah dies mit dem naiven Interesse, das man seit jeher der Vogelwelt entgegen gebracht hat. Später beobachtete man mit dem wißbegierigen Auge des Fachmannes. Trotz so fleißiger Beobachtung ist das jährlich zweimal sich kundgebende Phänomen des Vogelziehens eine Frage voll ungelöster Rätsel geblieben, die erst in ganz jüngster Zeit sich zu klären begonnen hat.

Dem Laien, der in der Vogelfamilie die Eltern, besonders die Mutter, so sorgsam um die junge Brut bemüht sieht, mag es ganz selbstverständlich erscheinen, daß es die elterlichen Vögel sind, welche mit den Jungen im Herbste der Kälte und Nahrungsnot des nahenden Winters entfliehen und auf dem ihnen schon bekannten Wege natürlich die Führer der Jungen sind, daß die Wanderer, in enormen Höhen dahinziehend, Ausblick über weite Gebiete haben und sich so leicht orientieren, daß die Liebe zur Heimat die Zugvögel im Frühjahre wieder nach ihrer Geburtsstätte zurückführt. Aber die tatsächlichen Beobachtungen haben ergeben, daß bei sehr vielen Arten die Jungen die Reise vor den Alten antreten, daß die meisten Zugvögel in verhältnismäßig geringer Höhe ziehen, andere in der Nacht wandern, in diesen Fällen also von einem weiten Ausblicke nicht gesprochen werden kann, wieder andere nicht in Gesellschaft, sondern einzeln wandern. Wir sehen auch in jedem Jahre wieder, daß uns die Pirole, Kuckucke, Segler, Turteltauben, Störche schon zu schönster Sommerszeit, die noch reichliche Nahrung bietet, verlassen. Und wie oft treffen Zugvögel im Frühjahre viel zu frühe ein und fallen harten Wetterrückfällen zum Opfer!

So hatte man also auf die Fragen, was denn eigentlich die Zugvögel zum Aufbruche im Herbste, zur Rückkehr im Frühjahre veranlaßt, wie sie sich auf dem Wege orientieren, warum diese Wanderer in manchen

Jahren in raschem Durchzuge dem Ziele ihrer Reise zuwandern, in anderen wieder langsam, etappenweise vorrücken, keine rechte Antwort, und wenn man sagte, die Zugvögel folgen da einem altererbten Wandertriebe, so war auch das keine präzise Antwort, ganz abgesehen davon, daß ein solcher Wanderinstinkt immer wieder geweckt werden muß.

Erst in neuester Zeit hat man in der Erforschung und Erklärung der verschiedenen Vogelzugfragen den richtigen Weg eingeschlagen. Es lag nahe anzunehmen, daß Tiere, die, wie die Vögel, in der Luft in ihrem wahren Elemente sich befinden, den Luftveränderungen gegenüber sich viel empfindlicher zeigen müßten, als an die Scholle gebundene Bodentiere. Schon der ganze Bau der Atmungsorgane spricht dafür. Die kleinen Lungen sind bei den Vögeln durch Zellgewebe an die Rückenwand der Rumpfhöhle angeheftet und an den Seiten der Wirbelsäule in die Zwischenräume der Rippen eingesenkt. Das ganze Lungengewebe ist von einer Anzahl weiter, häutiger Bronchialröhren durchsetzt, in welche die relativ kurzen Bronchien führen. An den Bronchialästen sitzen orgelpfeifenartig von Blindsäckchen umgebene Röhrchen, die Lungenpfeifen oder Parabronchien, die zum Teile auch untereinander in Verbindung stehen. Große Lungensäcke, Ausstülpungen von Bronchialästen der Lunge, erstrecken sich vorne in den Zwischenraum des peritrachealen Luftsackes (der Furcula), dann als Brustsäcke in die seitlichen und vorderen Brustpartien und als Bauchsäcke nach hinten in die Beckengegend zwischen die Eingeweide. Die kleineren, vorderen Säcke finden ihre Fortsetzung in den Luftzellen der Armknochen und der Haut, die Bauchsäcke in den Höhlungen der Schenkel- und Beckenknochen. Man hat es in diesen Luftsäcken der Vögel insbesondere mit Luftreservoiren zu tun, welche, durch die Bewegungen der Gliedmaßen und des Rumpfes erweitert und zusammengepreßt, als Lüfter der Lungen funktionieren. Wie bei den Insekten die Tracheensysteme stellen bei den Vögeln die Lungen und Luftsäcke nicht nur einen Atmungsapparat, sondern auch einen aerostatischen Apparat dar. Es steht so wohl außer Frage, daß sich bei dem Vogel Änderungen der Luftverhältnisse bis in diese Lungensäcke und die pneumatischen Knochen hinein fühlbar machen müssen.

Wir finden daher schon im alten „Naumann" Hinweise auf den Einfluß der Witterung auf den Vogelzug. A. v. Middendorff hat schon vor mehr als 50 Jahren für die Zugvögel Rußlands die Isepiptesen (das sind die Linien, wie man sie durch die Verbindung der Punkte, an welchen die auffallendsten Zugvögel am gleichen Tage anzukommen pflegen, erhält) berechnet, in Karten eingetragen und so gezeigt, daß das Vorschreiten der Zugvögel nach dem Norden hin Schritt hält

mit der Zunahme der Wärme und der ganzen Frühlingsentwicklung des übrigen tierischen und pflanzlichen Lebens. Es spielen da in Förderung des Vorschreitens der Zugvögel im Frühjahre der Feuchtigkeitsgrad der Luft, die Himmelsbewölkung, die Nebelbildung, insbesondere die Temperaturverhältnisse eine wichtige Rolle. Gätke, der vielerfahrene Beobachter des Vogelzuges auf Helgoland, hat in seiner „Vogelwarte Helgoland“ dem Einflusse der meteorologischen Verhältnisse auf den Vogelzug ein eigenes Kapitel gewidmet. J. Hegyfoky hat in sehr sorgfältiger Vergleichung der täglichen Witterung während der Ankunftszeit der Schwalbe nachgewiesen, daß das Zugwetter ein günstiges oder ungünstiges sein, beschleunigend oder verzögernd auf das Erscheinen der Schwalben einwirken kann. Nach den Beobachtungen von Otto Herman, dem Leiter der Ungarischen Ornithologischen Zentrale, vergehen bei ganz allmählichem Vorschreiten 92—93 Tage, bis die Rauchschwalbe ihr ganzes Brutgebiet von Murcia bis Luleå besiedelt hat. Die Ornithologen Gebrüder Müller sagen, daß die feinfühligen Zugvögel die Veränderungen in der Luft sehr gut wahrnehmen, sich im Herbst den langsam vor den heranrückenden Passatwinden in die Höhe ziehenden wärmeren Luftschichten überlassen, ihnen bis in den regelmäßigen Ostpassatwind unter dem Wendekreis des Krebses folgen und so während der stetigen Zunahme der Polarströmungen, für uns der Nordostströmungen, die ihnen zusagenden, für ihre Zugrichtung förderlichen Winde zu finden wissen, Im Frühjahre sind es dann die vorherrschenden südlichen Luftströmungen, welche den Zugvogel zur Rückkehr bewegen, und welchen er auf seinem Zuge folgt. Auch die Beobachtungen der Luftschiffer haben nach v. Lucanus ergeben, daß die Vögel beim Ziehen günstige Windströmungen auszunützen wissen. Bezüglich des Herbstzuges der Waldschnepfe sagt Prof. M. Marek, ein bewährter Vogelzugbeobachter, daß dieser Zug in innigstem Zusammenhange mit dem Erscheinen von Gebieten hohen Luftdruckes steht und diese Gebiete nicht nur als Veranlassung zum Beginn des Herbstzuges, sondern auch als Leiter und Führer bei der Wanderung angesehen werden müssen, genau so, wie es wieder Gebiete hohen Luftdruckes sind, die durch ihren Vorstoß zum Anlaß des Frühlingszuges werden.

Seit man die Beobachtung des Vogelzuges nach der Methode der meteorologischen Beobachtungen und im engen Anschlusse an diese anstellt, hat man für die engen Beziehungen, welche zwischen den meteorologischen Verhältnissen und dem Vogelzuge bestehen, immer deutlichere Beweise erhalten. Man hat da besonders dem kroatischen Vogelzugbeobachter Prof. M. Marek, der während einer Reihe von Jahren den Verlauf des Vogelzuges an der Adria und später in Kroatien aufmerksam verfolgt hat und schon früher durch eingehende Beobach-

tung der Wanderungen der Waldschnepfe bekannt geworden ist, umsichtige Beobachtungen und Untersuchungen über den Einfluß von Wind und Wetter auf den Vogelzug zu verdanken.

Über die Frage, wie denn das Ziehen der Vögel entstanden ist, haben verschiedene Ornithologen sehr verschiedene Ansichten ausgesprochen. Die meisten neigen der Anschauung zu, daß die Vögel aus ursprünglichen Standvögeln später teilweise zu Strichvögeln und dann weiter zu Zugvögeln geworden sind. Diese Wandlung hat lange vor der Eiszeit begonnen. Die Vögel sind ja viel älterer Herkunft als die Säugetiere. Schon im Eocän, als in Europa noch tropisches Klima herrschte, waren die Vogelgattungen Rallus, Ardea, Anser, Fulica, Haliaetus, Milvus, Buteo, zur Miocänzeit mit ihrem subtropischen Klima in Europa die Gattungen Cypselus, Alcedo, Passer, Parus, Motacilla, Upupa vertreten. Zugvögel in unserem Sinne gab es zu diesen Erdenzeiten wohl noch nicht. Verschiedene Vogelarten nahmen nach und nach die Gewohnheit an, Nahrung suchend umherzustreifen. Diese Arten waren ohne Frage bei Eintritt ungünstiger Witterung den ausgesprochen seßhaften Vogelarten gegenüber im Vorteile. In fortgesetzter Weitervererbung bildete sich so die anfängliche Gewohnheit, in der Umgebung der Geburtsstätte herumzustreifen, immer mehr zum Triebe aus, auf weitere Strecken hin den ungünstigen Lebensverhältnissen auszuweichen und zu günstigerer Jahreszeit wieder zurückzukehren, also zu wandern. Anfänglich mögen die Fernen, auf die sich solches Ziehen erstreckte, nicht zu weite gewesen sein. Erst die durchgreifende Veränderung der klimatischen Verhältnisse führte zu ausgedehnten Wanderungen, wie die Zugvögel von heute sie unternehmen. Anlaß zu solchen Wanderungen lag schon in früher Erdenzeit lange vor der Eiszeit vor. „Ein ausgedehnter Austausch vom Vogelleben zwischen dem Norden und Süden," sagt Kobelt, „muß schon sehr lange vor der Eiszeit stattgefunden haben; das bedingte schon die lange Polarnacht, die auch vor der Eiszeit eine winterliche Abkühlung und damit eine Unterbrechung der Entwicklung des Insektenlebens bewirkte. Andererseits hat der regenlose Sommer der südlichen Abteilung der gemäßigten alten Welt mit dem Ersterben des Insektenlebens auch schon vor der Eiszeit die Insektenfresser zur Auswanderung nach Norden während der Fortpflanzungszeit gezwungen. Die Eiszeit dann hat die Gegensätze verschärft, sie hat aus Nordeuropa wohl auch manche Art vorübergehend vertrieben. Aber in Deutschland und gar in Westeuropa blieben noch Hilfsquellen genug für die gefiederte Welt. Diese wurde nicht mit einem Schlage vernichtet, sondern langsam nach Süden getrieben und drang wieder vor, sobald in einer Interglazialperiode Eis und Kälte abnahmen."

Wie sich in der Vogelwelt die Gewohnheit des Wanderns allmählich herausgebildet haben mag, dafür geben die Vogelzugverhältnisse, wie sie heute noch in Amerika bestehen, einen deutlichen Fingerzeig. Die amerikanischen Zugvögel sind heute noch mehr unseren Strichvögeln zu vergleichen als ausgesprochenen Zugvögeln. Sowohl in Hinsicht auf den Raum, über welchen sie ihre Wanderungen ausdehnen, als bezüglich der Zeit, in der diese stattfinden, zeigt sich die unmittelbare Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen. Es haben das recht deutlich die Berichte des von der American Ornithologists Union eingesetzten, unter der Leitung von Hart Merriam und W. W. Cook stehenden Komitees gezeigt.

Wie heute, stand also schon in früher Vorzeit das Vogelleben unter dem Einflusse der meteorologischen Verhältnisse, wie heute, waren auch damals alle die meteorologischen Zustände auf der Erdoberfläche auf die Sonne zurückzuführen. Die Strahlungsintensität der Sonne ist nicht immer die gleiche gewesen. Das haben u. a. die Untersuchungen von E. Dubois und von A. Woeikof ergeben. Strahlt die Sonne mehr Wärme aus, so verschieben sich die Gebiete hohen Luftdruckes beiderseits des Äquators nach den Polen hin und desgleichen verlegen sich die Bahnen der Depressionen. Bis in hohe Breiten hinauf ändert sich dann der Witterungscharakter. Wenn in Europa Trockenzeiten eintreten, so ist das auf Verminderung des Luftdruckes über dem nordatlantischen Ozean und Erhöhung des Luftdruckes in der Richtung Azoren-Nordost-Europa zurückzuführen. Steigerung der Wärmeausstrahlung der Sonne hat zur Tertiärzeit den Gürtel hohen Luftdruckes weiter, als dies heute der Fall ist, nordwärts hinaufgeschoben. Verringerung der Strahlungsintensität der Sonne hat während der Glazialzeit eine Verschiebung des polaren Maximums nach dem Äquator hin und ein Zurückweichen der Bahnen der barometrischen Depressionen und des subtropischen Maximums zur Folge gehabt.

Wir unterscheiden heute nach den Untersuchungen von Penck vier verschiedene Eiszeiten. Ja, nach Untersuchungen von Prof. Steinmann in Freiburg, Dr. Robert Tschudi in Basel u. a. in der Schweiz und nach diesbezüglichen Spuren in England kann man sogar von einer fünften Vergletscherung während der Glazialzeit sprechen. Diese Eiszeiten waren durch lange Zwischeneiszeiten unterbrochen. Während der Eiszeiten drangen die Gletscher vor, in den Zwischeneiszeiten gingen sie wieder zurück. Diese Vorgänge müssen auf den Vogelzug eingewirkt haben. Verringerte sich die Strahlungsintensität der Sonne, so verschob sich das polare Maximum äquatorwärts, die Gletscher drangen nach den Tälern und dem Äquator hin vor, die Vögel mußten zurückweichen.

Steigerte sich die Strahlungsintensität der Sonne wieder, so verschob sich das subtropische Maximum polwärts; die Gletscher wichen polwärts und talaufwärts zurück, die Vögel konnten vorgehen. Die Anfänge des Vogelzuges waren gemacht. Es haben also die Verschiebungen der barometrischen Maxima schon zur Tertiärzeit, jedenfalls aber während der Glazialzeit zu einem Zurückweichen und Vorgehen der Vögel und damit zu den ersten Anfängen des heutigen Vogelzuges geführt.

Allmählich ist es dann in Anpassung an die Veränderungen des Luftdruckes und an die damit im Gefolge auftretenden Witterungserscheinungen zu dem Vogelzuge, wie er heute vor sich geht, gekommen. Niedriger Sonnenstand, Verringerung der Sonnenwärme, Vorstöße des polaren Maximums südwärts, Temperaturfall (Winter) führten zum Herbstzug; hoher Sonnenstand, Steigerung der Sonnenwärme, Vorstöße des subtropischen Maximums nordwärts, Temperatursteigerung (Trockenzeit) führten zum Frühlingszug.

Nach Ratzel zeigt uns die Ausbreitung des Gletschergebietes in der Glazialzeit das an Niederschlägen arme Sibirien in geringerem Maße vergletschert als Europa. Das nordasiatische Inlandeis wies nur lokale, unzusammenhängende Massen auf, deren ausgedehnteste von der Tschuktschenhalbinsel und Taimyrhalbinsel auslief. Zur Zeit des größten Vordringens des nordischen Inlandeises hatte dieses seine südliche Abgrenzung von Irland über Wales, Themsemündung, längs der Grenze der heutigen Niederlande und Belgiens, quer durch Westfalen, nördlich um den Harz, nach Dresden hin bis an die sächsische Schweiz, dann längs des Riesengebirges herum um das Gebiet der Weichsel nach Lemberg hin, dann weiter nach Norden umbiegend, aber große Zungen nach Süden aussendend, in der Gegend nördlich von Kasan und weiter hin bis zur Mitte des Uralgebietes. Außerdem waren die Hochgebirge Mittel- und Südeuropas und Zentralasiens vergletschert. Das Mittelmeergebiet war für Europa das Waldland, von dem nördlich, im heutigen Frankreich und Deutschland, das Tundrengebiet und östlich das Steppengebiet lag. Bei solcher Eisverteilung hatten die Zugvögel der Tundra den Weg nach dem Atlantischen Ozean und längs seiner Küsten, desgleichen die Rhone- und Donaustraße frei. Die in Sibirien heimischen Zugvögel konnten über Kamtschatka nach dem Stillen Ozean, längs des Ob und Jenissei nach dem Süden, aus Westsibirien nach dem Kaspisee und Schwarzen Meere und von da weiter nach dem Mittelmeere in ihre Winterquartiere gelangen. Im Frühjahr zogen sie dann in entgegengesetzter Richtung nach ihren Nistgebieten zurück. In diesen eisfrei gebliebenen Wegen haben wir die Urzugstraßen der heutigen Wandervögel Europas zu suchen

Vergleicht man diese Wege der europäischen Zugvögel im Herbst und Frühling mit den fünf Hauptzugstraßen der barometrischen Minima, wie sie der bekannte deutsche Meteorologe van Bebber konstruiert hat, so ergibt sich, daß die heutige Zugstraße V in der Eiszeit die besuchteste war. Sie führt vom Kanal parallel mit der über das Skagerrak und Umgebung, beziehungsweise über das mittlere Schweden gehenden, vom Ostseegebiet entweder nach Osten umbiegenden oder nach Südosten weiter gehenden Zugstraße III, oder nimmt im Süden Frankreichs die von der Iberischen Halbinsel oder vom Meerbusen von Biscaya kommenden Minima auf, geht dann über Italien und die Adria entweder nach dem Schwarzen Meere oder nach den russischen Ostseeprovinzen weiter. Ein Teil der Minima biegt schon an der Westküste Italiens, seltener über der Adria südostwärts ab und führt dann nach der afrikanischen Küste. Der größte Teil der über Italien ostwärts weitergehenden Depressionen führt nach dem Schwarzen Meere oder nach dem südlichen Ostseegebiet.

Als dann das nordische Inlandeis nach dem Verschwinden der Eiszeit bis zur Ostseeküste zurückgegangen war, wurden für die ostwärts nistenden Zugvögel die Wege nach dem Atlantischen Ozean längs der vier eiszeitlichen Hauptströme Nord-Deutschlands frei, die Bahnen der atlantischen Depressionen verschoben sich aus dem Mittelmeere nach Norden hin, und ihnen folgten die Wandervögel im Frühjahre von der atlantischen Küste nach Osten. Die Gletscher rückten immer mehr nach dem äußersten Norden zurück, die Vegetationsverhältnisse wurden immer günstigere, die Pflanzenwelt schob sich mehr und mehr nordwärts vor, und so dehnten sich auch die Zugstraßen der Wandervögel länger und länger aus. Längs der Küsten Norwegens und der Ostseeküsten entstanden neue, nordwärts führende Zugstraßen, in deren Richtung auch heute die Bahnen der barometrischen Depressionen verlaufen.

Heute noch wandern viele Zugvögel Bahnen, die von ihren Vorgängern durch Jahrtausende beflogen worden sind. Der Weg z. B., welchen deutsche Zugvögel von der Elbe und Weser stromauf zur Senke zwischen dem rheinischen Schiefergebirge und dem Vogelsberg und dann durch die Wetterau zur Rheinebene und den Rhein hinauf gegen die Schweiz einschlagen, entspricht der alten tertiären Meeresstraße, welche in der Miocänperiode das Mainzerbecken mit dem Nordmeer verband. Die quer über die Balkanhalbinsel durch die Senke der Morawa und dann dem Vardar entlang zum Archipel gehende Vogelzugstraße folgt einem tertiären Lauf der Donau. Daß viele Zugvögel in der Tat in ihren Wanderrichtungen die Wege einhalten, die sie dereinst zur nacheiszeitlichen Besiedelung ihres jetzigen Brutgebietes eingeschlagen haben,

hat Ch. C. Adams in den Wanderstraßen nachgewiesen, die der kleine Kirtlandsänger (Dendroeca kirtlandii) Nordamerikas einhält. Dieser Singvogel brütet in den Nadelwäldern der großen Seen, besonders in Michigan und überwintert auf den Bahamainseln, aber er zieht im Frühjahr nicht etwa längs der atlantischen Küste nach seinen Brutplätzen, sondern fliegt den Mississippi und seine nördlichen Quellströme (Wabash, Kankakan) aufwärts. Diese Zugstraßen des Kirtlandsängers fallen ungefähr mit den konstatierten Rückzugslinien des diluvialen Inlandeises, namentlich mit den Abflüssen der Schmelzwässer zusammen. Seine Nistgelegenheiten befinden sich in den Nadelwäldern. Diese haben ebenfalls die nach dem Zurücktreten des Inlandeises frei gewordenen Gebiete über die erwähnten Flußtäler und Ufer wiedergewonnen, und der Kirtlandsänger hat, diesem Vorrücken des Pflanzenwuchses folgend, sein Brutgebiet weiter nach Norden verschoben und schlägt auf alten Pfaden alljährlich den weiten Umweg ein.

Für den Vogelzug in Europa kommen von den Gebieten hohen Luftdruckes das polare Maximum und das subtropische Maximum in Betracht. Je nachdem sie ihre Lage verändern und Vorstöße gegen Mitteleuropa erfolgen, unterscheidet Marek:

a) Die sibirische Antizyklone (das asiatische Maximum), die sich oft in südwestlicher Richtung über Mitteleuropa ausbreitet oder sich mit dem subtropischen Maximum vereinigt und den Südosten Europas und Vorderasiens bedeckt.

b) Die atlantische Antizyklone (das azorische Maximum), die oft aus West und Südwest keilförmig bis Zentraleuropa vordringt.

c) Das nordwestliche und nördliche (polare) Maximum. Diese Hochdruckgebiete sind am häufigsten im Winter und Frühjahr. Die polaren Maxima scheinen sich zwischen Nord-Skandinavien und Island auszubilden und veranlassen oft die empfindlichen Kälterückfälle im Frühjahr.

d) Das subtropische Maximum, welches sich aus Nordafrika oft bis Mitteleuropa ausbreitet.

Von den Gebieten niedrigen Luftdruckes kommen nach Marek in Betracht:

a) Die Haupt- und Nebendepressionen des Atlantischen Ozeans, die in mehr oder weniger östlicher Richtung über Europa hinwegziehen.

b) Die Hauptdepressionen des Mittelmeeres, die den Vogelzug in Südeuropa im Herbst und Frühling beeinflussen.

c) Die Nebendepressionen des Mittelmeeres. Es sind dies räumlich nur wenig ausgedehnte, flache Barometer-Minima, die entweder selbständig im östlichen oder westlichen Mittelmeerbecken an der südlichen

Abdachung einer den Kontinent bedeckenden ausgebreiteten Antizyklone entstehen, wenn der Luftdruck im Süden abnimmt, oder sich über dem westlichen Teil des Mittelmeeres, über der Adria und den angrenzenden Küstengebieten, ausbilden, sobald auf van Bebbers Zugstraßen II, III und IV über die nördliche Hälfte des Festlandes ozeanische Barometer-Minima hinwegziehen.

d) In Nordafrika entstehende Depressionen, welche Europa in nördlicher Richtung durchqueren und an den betreffenden Stellen im Frühling den Flug der Vögel über das Mittelmeer vermitteln.

e) Unter anderen Teil-Minimis sind dann auch solche Teil-Minima von Bedeutung, welche die südlichen oder südwestlichen Ausläufer eines mächtigen, das Festland größtenteils überlagernden Tiefdruckgebietes bilden. Sie ragen meist über Südfrankreich in den Golf von Lyon hinein und erzeugen z. B. an der ganzen Adria den Scirocco.

Auf eingehendste Weise hat dann Marek aus seinen Beobachtungen an der Adria und in Kroatien und aus Untersuchungen der Vogelzugdaten anderer Gebiete Europas gezeigt, daß die Vorstöße der nördlichen barometrischen Maxima mit ihren Begleiterscheinungen den Anstoß zum Beginne des Herbstzuges geben, daß die Zugvögel im Herbst aus den Gebieten hohen Luftdrucks nach den Gebieten niedrigen Luftdruckes wandern, daß sie mit dem Winde ziehen, daß es die barometrischen Maxima und Minima sind, welche die Dauer und die Gestaltung des Herbstzuges beeinflussen, indem anhaltendes antizyklonales Wetter den Vogelzug beschleunigt, vorherrschend zyklonales Wetter ihn verlangsamt, daß auch die Richtung, die der Vogelzug im Herbste nimmt, durch die Lage der barometrischen Maxima und Minima beeinflußt wird, und daß die barometrischen Minima eine Überwinterung mancher Zugvögel in unseren Breiten begünstigen.

Man braucht nur den Schnepfenzug im Jahre 1903 mit den meteorologischen Verhältnissen in demselben Jahre zu vergleichen, um die Richtigkeit der von Marek über den Herbstzug aufgestellten Sätze bestätigt zu finden. Am 16. September lagerte ein abgeschlossenes Hochdruckgebiet mit seinem Zentrum über Finnland und eine flache Depression über dem nordwestlichen Deutschland. In den nächsten Tagen verschob sich das Maximum südwärts und lagerte bis einschließlich den 2. Oktober im Südosten. Minima waren im Südwesten, beziehungsweise im Westen und Nordwesten. Schon vom 15. September ab waren in Rußland starke Fröste eingetreten, und am 28. September fiel reichlicher Schnee. Mit diesen Luftveränderungen und Witterungsverhältnissen standen der massenhafte Schnepfenzug im Herbste desselben Jahres und seine im allgemeinen südwestliche Richtung in engem Zu-

sammenhang. Am 16. und 17. September wurden die ersten Waldschnepfen in Galizien beobachtet, am 19. im Wiener Walde, am 20. in Kroatien. Ende September nahm der eigentliche Zug in Posen seinen Anfang. Der 23. September war ein ganz besonders hervorragender Zugtag. Am 7. Oktober sind die ersten Schnepfen an der Nordsee, am 11. Oktober die ersten an der Adria erschienen. Der Hauptzug fand in Posen zwischen dem 13. und 24. Oktober, in Pommern zwischen dem 16. und 22. Oktober, im westlichen Deutschland vom 22. Oktober an, im Wiener Wald ebenfalls vom 22. Oktober an, in Kroatien vom 26. Oktober an statt. Mit dem Schnepfenzuge war es in Posen am 7. November, in Deutschland in den nächsten Tagen, im Wiener Wald am 24. November, in Kroatien Ende November zu Ende.

In Senj an der Adria beobachtete Marek die meisten Zugvögel bei Borawetter. Die Bora ist ein kalter und trockener Fallwind, der vom Kamme der Küstengebirge in gewaltigen Stößen zur See herabstürzt, wenn über dem Hinterlande der Küste der Luftdruck rasch steigt, ein Barometer-Maximum sich bildet und ein großes Druckgefälle gegen das warme Meer hin entsteht. Am stärksten wütet die Bora bei Triest und Fiume, besonders aber bei Senj und Sebenico. Sie herrscht besonders in den Wintermonaten, aber auch im Herbst und Frühling ist sie häufig. Die Gewalt der Bora ist eine ganz unglaubliche. „Faustgroße Steine", sagt Marek, „werden emporgeschleudert, Bäume werden entwurzelt, Häuser abgedeckt, Lastwagen fortgeschleudert, stark vertaute Schiffe in die See hinausgeworfen und zum Kentern gebracht, selbst Eisenbahnzüge aus dem Geleise gehoben und umgeworfen". Es ist begreiflich, daß ein so mächtiger Wind auf den Vogelzug nachhaltigen Einfluß ausübt. Stürmische Bora hemmt den Vogelzug; die schlechten Flieger fallen ein und warten an der Küste das Abflauen der Bora ab, weiterziehende gute Flieger verunglücken vielfach. Leichte, mäßige Bora aber fördert im Herbst den Vogelzug.

Der bekannte ungarische Meteorologe und Ornithologe J. Hegyfoky hat in seiner Abhandlung über das Wetter zur Zeit des massenhaften Wegzuges der Rauchschwalbe im Jahre 1898 nachgewiesen, daß der Hauptzug der Rauchschwalbe mit schöner antizykloner Witterung am 8. September zusammenfiel, daß damals über ganz Ungarn eine wohl ausgebildete Antizyklone lag, und daß dadurch die Insekten zugrunde gingen und die Schwalben zum Aufbruche gezwungen wurden.

Und auch im Frühling wandern die Zugvögel nach Marek aus den Gebieten hohen Luftdruckes mit dem Winde nach Gebieten niedrigen Luftdruckes, dann geben die Vorstöße des subtropischen Maximums mit den in ihrem Gefolge sich einstellenden Erscheinungen das Signal zur Rück-

kehr in die Heimat, bilden die barometrischen Depressionen die Führer der Wanderer, wird der Beginn und der ganze Verlauf des Vogelzuges von den barometrischen Maximis und Minimis beinflußt, das Ziehen gefördert oder gehemmt. In erster Reihe sind es die Hauptdepressionen des Atlantischen Ozeans, welche den Frühlingszug in ganz Europa beeinflussen, während die Teilminima nur von lokaler Bedeutung sind. Die Depressionen des Mittelmeeres vermitteln das Überfliegen der Vögel über dieses Meer. Nicht selten wird der Frühlingszug durch Verstöße des nordwestlichen und des polaren Maximums unterbrochen; es kommt zu schlimmen Katastrophen, zuweilen zu einer rückläufigen Bewegung. In dem Zugjahre 1903 herrschte an der Ostküste der Adria überaus günstiges, meist heiteres, sciroccales Zugwetter. Es war keine einzige Wachtel in der Zeit vom 22. April bis 13. Mai zu finden. Die Wachteln waren, ohne einzufallen, durchgezogen, und selbst zur Zeit des Hauptzuges, der hier meist in den Anfang des Mai fällt, war nicht eine einzige Wachtel zu sehen. So bei gutem Zugwetter. Am 25. Mai des Jahres 1905 erschienen im Nordosten von Agram Tausende von Mehlschwalben, welche sich nur ganz kurze Zeit aufhielten und denen sich die im Orte heimischen Mehlschwalben anschlossen. Sie zogen dann alle nach Süden ab. Es waren damals in den Alpen reichliche Schneefälle infolge hohen Luftdruckes eingetreten. Vor diesem Wetterrückschlage flüchteten die Mehlschwalben statt nordwärts weiter zu wandern nach Süden zurück.

So erscheint der Vogelzug von heute als ein uralter, auf die Erfahrungen in der Tertiärzeit und in den Eiszeiten begründeter Wanderinstinkt, der sich immer mehr den Luftdruckveränderungen und seinen Folgeerscheinungen angepaßt hat und in jedem Herbste durch die aus dem polaren Maximum wehenden kalten, nördlichen Winde, im Frühjahre durch die aus dem subtropischen Maximum wehenden, trockenen, warmen, südlichen Winde geweckt wird. Die Luftdruckverteilung bestimmt die Richtung des Vogelzuges, indem die Zugvögel mit den Winden aus den Regionen des hohen Luftdruckes in Gebiete niedrigen Luftdruckes geführt werden. Die barometrischen Maxima und Minima beeinflussen auch den Verlauf des Vogelzuges, da anhaltendes antizyklones Wetter den Vogelzug beschleunigt, zyklones Wetter ihn hemmt. Hieraus erklärt sich ganz ungezwungen, warum die Zugvögel in manchen Jahren ihre Wanderung rasch vollziehen, in anderen wieder in verzögertem Zuge, im Frühjahre staffelförmig vorrücken, bei heiterem Wetter in größerer Höhe dahinziehen, bei trübem, stürmischem Wetter niedrig dahinfliegen, und ihre Fluggeschwindigkeit sich je nach günstigem oder ungünstigem Zugwind beschleunigt oder verlangsamt.

Der Abzug der Zugvögel findet bei antizyklonalem Wetter, ihre Rückkehr in der Regel bei zyklonalem Wetter statt. Je energischer die barometrischen Maxima vorstoßen, je gewaltiger die in ihrem Gefolge eintretenden meteorologischen Veränderungen sich vollziehen, desto größer sind die Mengen der Zugvögel, die sich zum Aufbruche drängen. Im Herbst scheinen die energischsten Vorstöße des polaren Maximums von den Luftgebieten in Nordsibirien über der Taimyr-Halbinsel auszugehen. Die Vögel wandern da von Nordsibirien nach den Zentren der Depressionen des Mittelmeeres und des Atlantischen Ozeans in südwestlicher Richtung, des Indischen Ozeans in südlicher Richtung und des Stillen Ozeans in südöstlicher Richtung nach ihren Winterquartieren. Im Frühling wandern sie in entgegengesetzter Richtung und lassen sich durch die barometrischen Depressionen auf der Reise leiten.

Wenn wir bei vielen Zugvögeln die Jungen früher als die Alten, die Weibchen früher als die Männchen die Reise antreten sehen, so liegt dies darin, daß die Jungen gegen die Wettereinflüsse empfindlicher als die Alten, die Weibchen empfindlicher als die Männchen sind. Auch die bei uns nur als Sommerfrischler sich einfindenden Zugvögel sind gegen die Luftdruckveränderungen empfindlicher als die bei uns heimischen Vogelarten. Und gleichfalls aus dem Einflusse der barometrischen Maxima und Minima ist es zu erklären, wenn sich bei uns in manchen Jahren Irrgäste einfinden, wenn im Frühjahre Zugvögel zeitweise viel zu früh erscheinen, Zugvögel hohe, mit Schnee bedeckte Gebirge überfliegen und auf der Nordseite der Gebirge und in höheren Lagen früher erscheinen.

Gewiß werden die interessanten Ergebnisse über die Beziehungen zwischen Wind, Wetter und Vogelzug, wie sie Marek aus seinen Beobachtungen an der Adria und in Kroatien gewonnen hat, bald durch ähnliche Beobachtungen des Vogelzuges in Verbindung mit der Betrachtung der jeweiligen meteorologischen Verhältnisse aus anderen wichtigen Stationen des Vogelziehens entsprechende Ergänzung und Bereicherung finden.





Der Stern β Cephei.

Im Nordwesten der Cassiopea steht ziemlich unbeachtet das Sternbild des Cepheus. Es weist neben fünf Sternen dritter Größe sonst nur schwächere auf und fällt nicht sonderlich auf, zwischen dem kleinen Bären, dem Drachen, dem Schwan und der Cassiopea, die es einschließen und zahlreiche Sterne der zweiten Größe besitzen. Die Gruppe dieser fünf Sterne prägt sich übrigens dem Freunde des Sternenhimmels leicht ein. Die vier Sterne β, α, ζ, ι bilden einen regulären Rhombus rechts vom W der Cassiopea, und der Stern γ steht noch nördlicher als dieser Rhombus dem Polarstern zu, ist also leicht zu finden. Der nördlichste Stern in diesem Rhombus ist β Cephei; er kann auch so gefunden werden, daß wir eine Linie von Deneb zum Polarstern ziehen, in deren Mitte er etwas oberhalb steht.

Ein Stern, wie ihrer Tausende das Firmament schmücken, so erscheint dieser Stern im Cepheus. Könnten wir aber der Blickrichtung unseres Auges folgen, könnten wir unsern Standpunkt, der durch unbekannte Entfernungen von jenem Lichtpunkt getrennt ist, in dessen Nähe verlegen, so würden wir Zeuge eines eigenartigen Schauspiels sein. In derselben Zeit, in der auf einer unserer Schaubühnen sich die Schicksalstragödie eines Schillerschen Dramas abrollt, rollen dort in sausendem Fluge zwei Sonnen umeinander. Ja, vielleicht gibt es denkende Wesen, die diesem Schauspiel des Welttheaters als Zuschauer beiwohnen; kreist doch nahe genug noch eine dritte Sonne um die beiden, die möglicherweise auch einen dunkeln Planeten bei sich haben könnte.

Diese dritte Sonne ist lange bekannt. Otto Struve beobachtete neben dem Stern dritter Größe, den das freie Auge sieht, einen Stern der achten Größe, der also hundertmal weniger Licht uns zusendet wie der Hauptstern. Der Begleiter ist blau, steht 13″5 ab in der Richtung, die von West um 20° nach Süden abweicht.

Was für Geheimnisse sich im Lichte des Hauptsternes für uns bergen, hat ganz vor kurzem der Spektrophotograph der Yerkes-Sternwarte bei Chicago in den geschickten Händen von Edwin B. Frost und seinen Gehilfen offenbart.

Die dunkeln Linien in dem Sternspektrum verraten seine Verwandtschaft mit den weit entfernten Sternen im Gürtel und im Nebel des Orion. Sie zeigen, daß in der Atmosphäre dieser Sonne sich in Gasform befinden: Wasserstoff, Helium, Sauerstoff, Kieselstoff und Magnesium. Einzelne der dunkeln Linien haben Begleitlinien, die verraten, daß noch ein zweiter Stern an den Lichtstrahlen des Hauptsterns beteiligt ist. Noch sicherer aber beweisen dies die Linienverschiebungen.

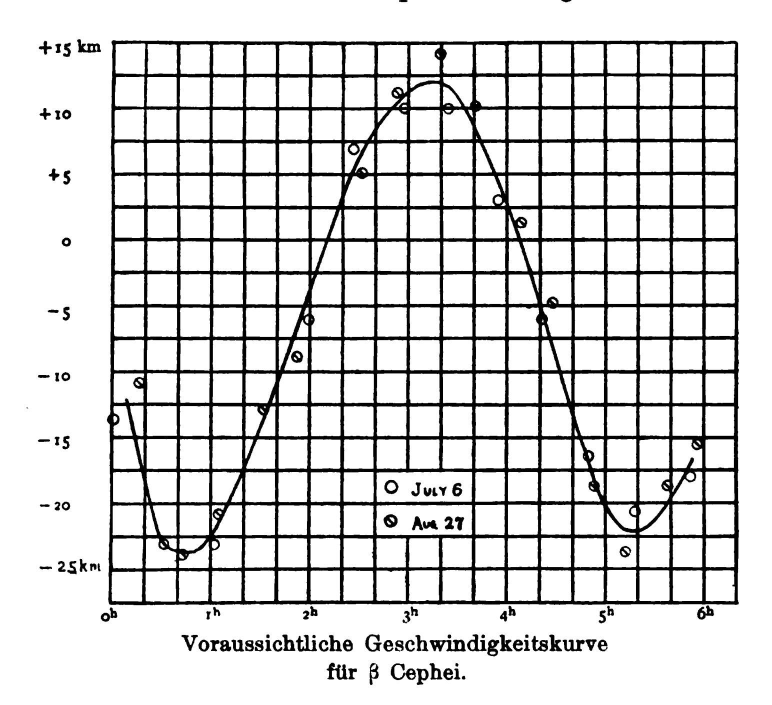
Wir setzen als bekannt voraus, daß eine Verschiebung einer Spektrallinie aus ihrer normalen Lage eine Bewegung des Sternes in der Blickrichtung anzeigt und daß wir aus der meßbaren Größe dieser Verschiebung die Geschwindigkeit ermitteln können, mit der der Stern sich nach dem Beschauer hin bewegt, wenn die Spektrallinie sich dem violetten Ende des Spektrums nähert, und vom Beschauer weg, wenn die Verlagerung nach dem Rot erfolgt. Ist die aus solchen Messungen folgende Geschwindigkeit nicht konstant, ändert sie gar ihr Vorzeichen, d. h. den Bewegungssinn, so besitzt der Stern außer einer geradlinigen Bewegung durch den Raum noch eine Umlaufsbewegung um ein Zentrum. Dieser Brennpunkt der stets elliptischen Sternbahnen ist nicht mit Masse besetzt. Es muß aber eine zweite Masse vorhanden sein, die die sichtbare zu dieser periodischen Bewegung zwingt und die ihrerseits eine ganz ähnliche Bahn beschreibt, bei der nur der Radius mit einem Vergrößerungs- oder Verkleinerungsfaktor multipliziert wird. Dieser zweite Stern kann ganz dunkel oder nur zu schwach sein, um erkannt zu werden. Im vorliegenden Falle ist er es nicht, denn auch seine Linien sind ja schwach neben denen des Hauptsternes im Spektrum zu sehen.

Sobald ein Astrophysiker erkannt hat, daß die Geschwindigkeit eines Sternes im Visionsradius sich ändert, ist die erste Aufgabe, festzustellen, in welcher Periode dies geschieht. Die für eine bestimmte Beobachtungszeit festgestellten Werte in Kilometern laufen zwischen einem kleinsten und größten Wert hin und her derart, daß diese beiden extremen Werte (bei β Cephei + 12 und — 22 km) bei einem Umlauf nur einmal, alle zwischenliegenden aber zweimal vorkommen. Der größte negative Wert gehört zu einem Moment, in dem die Tangente an die Sternbahn gerade nach uns hinzielt, der größte positive zu einem Moment, in dem der Stern sich genau senkrecht zur Himmelssphäre von uns fortbewegt. Sie würden entgegengesetzt gleich sein, wenn der Brenn-

punkt der Bahn in Ruhe wäre. Das ist aber selten der Fall, meist wird die ganze Sternbahn mit dem Brennpunkt geradlinig durch den Raum getragen, und die Geschwindigkeit, mit der dies geschieht, ist das arithmetische Mittel aus den beiden Extremen, im vorliegenden Falle — 5 km (das negative Vorzeichen bedeutet Annäherung). Die Abweichung von diesem Mittel, hier 17 km, ist die Geschwindigkeit, mit der die Bahn gleichförmig durchlaufen würde, wenn sie ein Kreis wäre, eine erste, bisweilen hinreichende Annahme.

Liegen zwei oder mehrere Beobachtungen vor, die für die Visionsbewegung den größten (oder den kleinsten) überhaupt gefundenen Wert gegeben haben, so muß zwischen ihnen eine ganze Zahl von vollen Umläufen liegen. Zur Ermittelung derselben sind die Beobachtungen so lange fortzusetzen, bis sich eine Zeit gefunden hat, die in allen Zwischenzeiten zwischen extremen, negativen oder positiven Werten restlos aufgeht. Anfangs findet man meist Vielfache der Umlaufszeit. So schien es hier, als lägen 3 Tage, dann $^3/_2$, dann $^3/_4$ Tage zwischen zwei gleichen Werten der Geschwindigkeit; endlich war kein Zweifel, daß $^3/_{16}$ Tage oder 4 Stunden 34 Minuten 11 Sekunden die Zeit ist, in welcher die beiden Teilsonnen von β Cephei einen vollen Umlauf um den gemeinsamen Schwerpunkt machen. Diese unglaublich kurze Zeit erschwerte auch anfangs die Erkennung der wahren Tatsache, denn die Exposition der Spektrogramme mit einem Spektrographen mit drei Prismen, die viel Licht verschluckten, dauerte je nach der Durchsichtigkeit der Luft 30 Minuten bis 140 Minuten, d. h., $^1/_9$ bis $^1/_2$ der ganzen Umlaufsbewegung. Die Geschwindigkeit und dementsprechend die Linienverschiebung ändern sich also sehr merklich während der Expositionszeit, die dunklen Linien bewegten sich also während der Aufnahme hin und her und bildeten breite Bänder um eine Stelle herum, die der mittleren Geschwindigkeit während der Aufnahme entsprach. Die 43 ersten Spektrogramme mußten deshalb für eine genaue Diskussion verworfen werden. Sobald dies erkannt war, machte Frost die Aufnahmen nur mit einem Prisma oder mit zweien; dann waren Expositionszeiten von 12 resp. 20 Minuten erforderlich. Trotzdem wird die rasche Bewegung des Sterns dahin wirken, daß die extremen Werte der Geschwindigkeit absolut zu klein gefunden werden. Denn wenn die Mitte der Expositionszeit gerade auf den Moment fällt, in dem die Linienverschiebung am größten ist, wird sie in den 6 Minuten vor- und nachher, die auch noch zu der Aufnahme beitragen, geringer sein. Die Linie fällt dann beidemal nach derselben Seite der Maximalverschiebung, und die mittlere Stelle, wo die Linie während der Exposition hinfiel, zeigt also eine kleinere Geschwindigkeit an, als wirklich zur Mitte der Aufnahmezeit stattfand.

Hinter den wahren Charakter der Geschwindigkeitskurve kamen die Beobachter erst dadurch, daß sie den Stern ununterbrochen unter Beobachtung hielten und 1906 Mai 28. 16 Aufnahmen, Juli 6. 14 Aufnahmen, August 27. 20 Aufnahmen erlangten, von denen die eine der anderen unmittelbar folgte. Dadurch gewannen sie die Überzeugung, daß der Stern selbst in einer kurzen Sommernacht alle Werte der Geschwindigkeit mehr als einmal durchliefe, und fanden aus der wiedergegebenen Kurve die Periodendauer zu nur 4 Stunden 34 Minuten 11 Sekunden. Den Umlauf eines Weltkörpers um den ganzen Umkreis seiner



Voraussichtliche Geschwindigkeitskurve
für β Cephei.

Bahn bezeichnen wir analog unsern Begriffen als sein Jahr. Die Jahresbahn von β Cephei wird in einem unserer Erdentage mehr als fünfmal durchmessen.

Es ist dies der kleinste Wert für die Periode eines spektroskopischen Doppelsterns, der überhaupt gefunden ist. Bisher zeigte μ Scorpii mit $1^{9}/_{20}$ Tagen Umlauf den kleinsten Wert; jener für β Cephei kann wohl kaum noch nach unten überschritten werden.

Wir wollen dieses eigenartige System etwas näher betrachten. Da die Geschwindigkeit, mit der die Bahn durchlaufen wird, 17 Kilometer ist, und da der Umlauf in 4 Stunden 34 Minuten 11 Sekunden = 16451 Sekunden einmal vollkommen geschieht, so ist der Umfang der Bahn

wenn sie näherungsweise als Kreis betrachtet wird, bekannt und folglich auch der Halbmesser. Letzterer wird $\frac{17 \times 16451}{2\pi}$ oder 44560 Kilometer, d. h., nur $^1/_8$ des Abstandes des Mondes von der Erde. So klein ist die Bahn dieser Sonne um den Schwerpunkt ihres Systems freilich nur, wenn wir annehmen, daß die Ebene der Bahn gegen die Richtung unseres Blickes gar nicht geneigt ist. Jedenfalls aber besteht ein Neigungswinkel, denn sonst müßte wie im Falle des Algol der dunklere Stern bei jedem Umlauf den helleren zum Teil verdecken, also müßte β Cephei ein Veränderlicher vom Algoltypus sein, was nicht der Fall ist. Wir haben die Möglichkeit, den Neigungswinkel zwischen Blickrichtung und Bahnebene beliebig anzunehmen, nur nicht $= 90^0$, denn dann würde bei der Umlaufsbewegung von β Cephei keine Änderung seines Erdabstands eintreten, und periodisch wechselnde Linienverschiebungen wären nicht zu beobachten. Ist der Winkel $= i$, so ist obige Zahl von 44560 km noch mit $sec\, i$ zu multiplizieren, um die wahre Zahl zu erhalten.

Wir können aber auch über die Neigung der Bahn gewisse Betrachtungen anstellen. Die Umlaufsbewegung des helleren Sternes erfolgt infolge der Massenwirkung beider um den gemeinsamen Schwerpunkt. Nehmen wir die Masse des dunkleren Sternes nicht viel kleiner oder sogar gleich der des helleren (nach Analogie mit manchen andern spektroskopischen Doppelsternen), so sind beide gleichweit vom Schwerpunkt entfernt, und die Gesamtmasse folgt aus der Anwendung des dritten Keplerschen Gesetzes, wenn wir erwägen, daß die Gesamtmasse von Sonne und Erde die letztere zwingt, im Abstand von 149,5 Millionen Kilometer vom gemeinsamen Schwerpunkt in $365^1/_4 \times 86400$ Sekunden einmal einen vollen Umkreis zu beschreiben, während hier die beiden gleichen Massen im Abstand von $44560 \times sec\, i$ km vom Schwerpunkt in nur 16451 Sekunden herumjagen. Da das Produkt aus der Masse und dem Quadrat der Umlaufszeit, dividiert durch den Kubus des Abstands im ganzen Weltall konstant ist, so findet man, daß unsere Sonne (+ der Erdmasse, die aber vernachlässigt werden kann) $10300 \times cos^3 i$ mal so schwer ist wie die beiden Teilsonnen von β Cephei zusammen. Man sieht also, wie wichtig der Faktor $cos^3 i$ ist. Wollte man ihn gleich 1, also $i = o$ setzen, so würde wirklich unsere Sonne 20600 mal so schwer sein wie jene Körper, die dann mit Planeten wie Uranus und Neptun zu vergleichen wären. Dem widerspricht aber ihre Leuchtkraft. Ein leuchtender Körper, der nicht größer wäre als Uranus, würde, in Fixsternentfernung versetzt, nicht in der Helligkeit eines Sternes dritter Größe erscheinen, sondern ganz unsichtbar sein.

Wollen wir annehmen, daß beide Teilsonnen etwa ebensoviel Masse

besitzen wie unser Zentralgestirn, also zusammen doppelt so schwer sind wie dieses, so müssen wir $cos^3 i = \frac{1}{20600}$ annehmen, damit wird $i = 87^0 54'$, d. h., die Bahnebene dieses Doppelsternes weicht nur $2^0 6'$ von der Senkrechten auf die Blickrichtung ab. Und diese Neigung hat nicht viel Spielraum; nehmen wir sie noch näher bei jener senkrechten Ebene, so werden die Massen zusammen noch größer als die doppelte Sonnenmasse. Lassen wir aber die Bahn mehr, z. B. 5^0, von der senkrechten Ebene abweichen, so wird die Sonne gleich 7mal so schwer wie beide Sterne zusammen. Wollen wir also nicht auf ganz unwahrscheinliche Massenwerte kommen, so können wir die Neigung eigentlich nur zwischen 1^0 und 5^0 schwanken lassen. (Bei 1^0 wären die Sterne zusammen bereits 18mal so schwer wie die Sonne.)

Unter Festhalten der errechneten Neigung von $87^0 54'$ sind nun alle linearen Größen mit $sec\, i$ d. h. 27,3 zu multiplizieren. In der wahren Bahn werden 464 km in der Sekunde zurückgelegt, die in der Projektion auf die Gesichtslinien sich nur im Maximum als 17 km darstellen; der Radius dieser wahren Bahn wird 1,21 Millionen Kilometer. Selbst damit kommen wir auf kleine Dimensionen, nämlich auf einen Bahnradius, der den Radius unserer Sonne von 700000 km nicht beträchtlich überschreitet. Würden die beiden Sonnen β Cephei, die wir an Masse der unsern gleich angenommen haben, auch dieselben Kugelhalbmesser haben, so wäre nicht viel Platz zwischen ihnen, wenn sie um den zwischen ihnen liegenden Schwerpunkt umlaufen. Zweifellos würden sie einander stets dieselbe Seite zukehren, und der Tag dieser Körper wäre sonach ihrem Jahr gleich.

Hier gibt es einen Ausweg: die dunklere Sonne kann weit weniger Masse besitzen als die hellere. Dann beschreibt die hellere eine engere Bahn, die leichtere eine solche von viel weiterem Radius. Wir kennen einstweilen nur die enge Bahn des helleren Sternes; die weite Bahn würde im umgekehrten Massenverhältnis größer sein als die enge, aber in der gleichen Zeit durchlaufen werden. Dann kommen keine unzulässigen Nähen zwischen den Oberflächen beider Körper vor. Der kleine ist aber nicht als ein dunkler großer Planet der Sonne anzusehen; da er sich ebenfalls durch Linien, die freilich schwächer sind, im Spektrum verrät, so hat er eigenes Licht, ist also eine Sonne. Der dritte Körper, der im Fernrohr sichtbare Begleiter, steht weit von den beiden Komponenten des spektroskopischen Doppelsterns ab und übt keinen Einfluß auf ihre Umlaufsbewegung. Er läuft seinerseits um den Schwerpunkt des dreifachen Systems um, nur ist diese Bewegung außerordentlich langsam.

Wir schauen mit den Hilfsmitteln des Teleskops und Spektroskops hier in eine reiche Welt ferner Sonnensysteme. Eine Fortsetzung der begonnenen Untersuchungen wird noch manche interessante Einzelheit zutage fördern. Das wunderbarste ist aber bereits entdeckt, die abnorm kurze Periode. Die gleichgültigsten Dinge auf Erden, der tägliche Schulbesuch eines Kindes, die Bureaustunden eines Beamten, die Vormittagsarbeit eines Handwerkers, sie alle nehmen längere Zeit in Anspruch als die Jahresreise dieser beiden Sonnen um den gemeinsamen Schwerpunkt und Brennpunkt ihrer Bahnen. Die erstaunliche Verschiedenheit, die wir an den räumlichen Dimensionen der Materie zu bewundern gewohnt sind, offenbart sich hier in der Zeit. R.



Die Zuverlässigkeit der Wetterprognosen.

An der Zuverlässigkeit der Wetterprognosen, die, wie wohl bekannt, von der Seewarte in Hamburg in allgemeiner Form gegeben und von den meteorologischen Zentralanstalten für die betreffenden Landesteile geeignet spezialisiert werden, ist neuerdings mehrfach gezweifelt worden. Der Astronom Prof. Dr. H. J. Klein in Köln sucht in einem „Die Mißerfolge des staatlichen Wetterprognosendienstes in den ersten drei Monaten seines Bestehens" betitelten Aufsatze in der „Gäa" nachzuweisen, daß die staatlichen Wetterprognosen in bezug auf Trefferzahl nur ganz unbedeutend über der „naiven" Prognose: „Wetter morgen wie heute" stehen. Während in einer Denkschrift des Reichsamts für die Temperatur 95%, für Bewölkung 93% und für Niederschläge 84% Treffer angegeben sind, berechnet Klein für den angegebenen Zeitraum nur 51%, 43% und 48% Treffer, also nur etwa halb so viel. Ferner findet er, daß nur in 15% aller Fälle Temperatur, Bewölkung und Niederschlag gleichzeitig richtig angekündigt wurden. Seine Untersuchungen beziehen sich zwar nur auf die Dienststelle Aachen; da aber, wie er — wohl mit Recht — annimmt, die andern Dienststellen vermutlich ähnliche Trefferzahlen aufweisen, würden diese Zahlen in der Tat einen Beweis dafür bilden, daß man sich zurzeit auf die Wettervorhersagungen noch nicht verlassen kann. Prof. Klein druckt ferner in seinem Artikel die Auslassungen eines Aachener Kaufmanns ab, der bei dreijähriger Vergleichung der Prognosen mit der wirklichen Witterung für Temperatur 53%, Bewölkung 60%, Niederschläge 40%,

Windrichtung 25% und Windstärke 45% Treffer erhielt. Das wäre also das gleiche, sehr ungünstige Resultat.

Andererseits hat ein Assistent des Aachener Meteorologischen Institute erklärt, die Wissenschaft könne das Wetter des nächsten Tages mit 80% Treffsicherheit voraussagen. In dem Aufsatze wird dies — wie sich nachher zeigen wird, zu Unrecht — als krasse Übertreibung hingestellt.

Daß Prof. Klein zu so ungünstigen Resultaten gelangte, beruht jedenfalls auf einer zu rigorosen Auffassung bezüglich des Nichteintreffens der Prognosen! Denn mit Recht hat Börnstein (in der Aßmannschen Zeitschrift „Das Wetter") kürzlich hervorgehoben, daß es doch sehr darauf ankommt, in welcher Weise man die Trefferzahlen berechnet! Darüber gibt nun die Seewarte alljährlich (in einer Beilage zu einer Januarwetterkarte) kurze und klare Auskunft. Hiernach erhebt die Prognose nicht den Anspruch, ganz exakt, sozusagen mathematisch genau, das kommende Wetter vorauszusagen, sondern nur innerhalb gewisser, dort angegebener Grenzen. So bedeutet: „etwas wärmer" = 0°—3° wärmer als am Vortage; „frische Winde" (Beaufortskala: 5) = Winde der Stärke 4—6; „nordöstliche Winde" = Winde aus *ENE* bis *NNE* usw. Danach hat man also die Prognosen zu beurteilen.

Dementsprechend habe ich die täglichen Wetterprognosen für Berlin und Umgegend — ich wohne in Potsdam — in der Zeit vom 6. Januar bis 5. April 1907 bearbeitet. Das Eintreffen der Prognose wurde mit 1, das Nichteintreffen mit 0 bezeichnet, und zwar einzeln für jedes der 5 Elemente: Temperatur, Bewölkung, Niederschlag, Windrichtung und Windstärke. Die Summe der Treffer kann als Maß für die Güte der Prognose dienen: 5 = absolut richtig, 0 = völlig unrichtig. Da jedoch für den Binnenländer Windrichtung und -stärke nicht so sehr in Betracht kommt, so habe ich als zweiten Maßstab für die Güte eine Berechnung gewählt, bei der die Treffer für Wind nur einfach, für die übrigen Elemente dagegen doppelt gezählt wurden, so daß der besten Prognose hierbei die Nummer 8 zukommt. Übrigens geben beide Berechnungen nur unwesentlich verschiedene Resultate.

Daß das gleichzeitige Eintreffen der Vorhersage für mehrere Elemente eine geringere Wahrscheinlichkeit haben muß als für ein einzelnes, folgt aus den Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Bezeichnet man die Gewißheit mit 1, die Unmöglichkeit mit 0, so ist die Wahrscheinlichkeit, der Quotient der Anzahlen der „möglichen" und „wirklichen" Fälle, ein echter Bruch. Die „zusammengesetzte" Wahrscheinlichkeit, daß mehrere Ereignisse zugleich eintreffen, ist danach gleich dem Produkt der Einzelwahrscheinlichkeiten, also z. B. = 0,5

(50%) für das gleichzeitige Eintreffen dreier Ereignisse, deren jedes die Wahrscheinlichkeit 0,8 (80%) besitzt. Man wird sich also nicht wundern dürfen, wenn die Trefferzahlen für das gleichzeitige Eintreffen der Vorhersagungen für mehrere Elemente geringer sind.

Trefferzahlen für ein Witterungselement:

Temperatur: 80%
Bewölkung: 83%
Niederschläge: 72%
Windrichtung: 76%
Windstärke: 76%
} im Mittel 77%

Trefferzahlen für zwei Witterungselemente:

Temperatur und Bewölkung: 79%
Temperatur und Niederschlag: 61%
Bewölkung und Niederschlag: 61%
Windrichtung und -stärke: 60%

Trefferzahlen für drei Witterungselemente:

Temperatur, Bewölkung und Niederschlag: 55%.

Trefferzahl für alle Elemente gleichzeitig: 33%.

Güte der Prognosen:

a) bei gleicher Bewertung alle Elemente.

(5 = alles, 0 = nichts richtig vorausgesagt.)

	5	4	3	2	1	0	
Anzahl	25	29	12	5	3	1	75
%	33	39	16	7	4	1	100

Es waren hiernach:

sehr gut . . . . 33% aber Prognosen,
gut 39%
gut und besser 72%;

dagegen:

schlecht 11%
sehr schlecht . . . . 1%, also
schlecht und geringer nur 12%.

b) wenn Temperatur, Bewölkung und Niederschlag doppeltes Gewicht erhalten.

(8 = alles, 0 = nichts richtig vorausgesagt.)

	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Anzahl	25	13	19	5	5	4	1	2	1	75
%	33	17	25	7	7	5	1	3	1	99

Nach dieser Berechnungsweise waren also:

sehr gut . . . . 33% aller Prognosen,
gut 42%
gut und besser volle 75%;

dagegen:

mittel . . . . 14 % und:
schlecht . . . . 9 %
sehr schlecht . . . . 1 %,
somit schlecht und geringer nur 10 %.

Besonders möchte ich noch hervorheben, daß nur eine einzige Prognose während des ganzen Vierteljahres völlig falsch war. Dabei war das Wetter recht wechselvoll, die Temperatur schwankte von etwa — 20° bis + 15° (in den Extremen). Im Sommer, der meistens beständigeres Wetter zeigt, wird man also, ohne allzu sanguinisch zu sein, 80 % gute und 40 % sehr gute Prognosen erwarten dürfen. Aber im nächsten Winter wird die Wettervorhersagung auch noch sicherer werden, da jetzt auch Island (Akureyr und Seydisfjord) täglich Wettertelegramme schickt, desgleichen Thorshavn auf den Farør; dadurch erhalten wir eine wesentlich genauere Kenntnis der Lage, Zugrichtung und Zuggeschwindigkeit der atlantischen Depressionen, die ja im Winter von einschneidendster Bedeutung für unsere Witterung sind.

Möge es vorstehenden Ausführungen gelungen sein, den Leser zu überzeugen, daß die 100000 Mark, die der preußische Staat auch in diesem Sommer für die Ausgestaltung des Wetterdienstes aufwendet, kein weggeworfenes Geld sind, wie dies von anderer Seite behauptet wird. Plötzliche, oft ganz lokale, Wetterumschläge vermag die Meteorologie freilich heute noch nicht vorauszusagen, doch sind sie ja auch nur sehr selten. O. M.



Wirkung des chilenisch-argentinischen Erdbebens
vom 16. August 1906 auf den Seismographen von Santiago.

In den Pariser Akademieberichten (C. R. Nr. 15 vom 8. Oktober 1906) veröffentlicht A. Obrecht über das am 16. August 1906 in Santiago selbst gewonnene Seismogramm des chilenischen Erdbebens. Es ergab das ausgeprägte, einphasige Bild eines Nahbebens, ausgezeichnet durch das ungemein lange Anhalten stärkster Bewegung. Schon die Zeitungen berichteten, der „erste Stoß“ habe 3¾ Minuten angehalten. Das Seismogramm ergibt sogar 4 Minuten 40 Sekunden, von 7 Uhr 58 Minuten 40 Sekunden abends M. O. Z. von Santiago bis 8 Uhr 3 Minuten 30 Sekunden. Die Bewegung wies Horizontalverschiebungen von 10 Zenti-

metern im Mittel auf. Sie setzte sich, schwächer, noch bis 8 Uhr 7 Minuten 50 Sekunden fort. Spätere Bewegungen konnten nicht bestimmt werden, weil der aus zwei Pendeln bestehende Seismograph, der demnach wohl nur horizontale Schwingungen registrierte, zerbrochen vorgefunden wurde.

Dieser Zwischenfall wirft ein scharfes Schlaglicht auf die Leistungsfähigkeit der Seismographen überhaupt. Sie sind ausgezeichnete Apparate für den seismischen Nachrichtendienst. Sie übertreffen die anderen Dienste des menschlichen Nachrichtenverkehrs, auch des telegraphischen, um Stunden, Tage, Wochen und manchmal um Monate und sogar Jahre. Sie übertreffen diese Dienste auch durch absolute Zuverlässigkeit und verheißen für den Weltverkehr wertvolle Kontrolle alarmierender Nachrichten von Übersee. Aber für den örtlichen Erdbebendienst sind sie durchgängig, einzelne Seismographen allerdings nur in den registrierenden Teilen, zu zart gebaut. Das muß klargestellt werden, vor allem, um den älteren Methoden der makroskopischen Erdbebenbeobachtung und der Bebenstatistik die rechte Würdigung zu verschaffen. Noch auf einem Kongresse des Jahres 1905 wurden die Seebebenberichte der Schiffe der seismographischen Herdbestimmung gegenüber als antiquiert und geradezu überflüssig bezeichnet. Das im gleichen Jahre erschienene Reisewerk eines anderen Fachgeologen über die neueren mittelamerikanischen Ereignisse, enthält die Klage: „Es fehlt ja in Guatemala durchaus an systematischen Erdbebenbeobachtungen; Seismometer gibt es nicht, und so werden denn nur an einigen Stellen diejenigen Erdbeben aufgezeichnet, die dem betreffenden Beobachter selbst fühlbar geworden sind oder ihm aus zuverlässiger Quelle mitgeteilt wurden."

W. Kr.





Astronomischer Kalender für 1907. Herausgegeben von der k. k. Sternwarte zu Wien.

Der astronomische Kalender, den die Wiener Sternwarte alljährlich herausgibt, erfreut sich seit langem einer großen Beliebtheit in astronomisch interessierten Kreisen. Er gibt nicht nur für alle astronomischen Beobachtungen die erforderlichen Hilfsmittel, sondern verbindet damit auch eine Übersicht über das gesamte Forschungsgebiet der Astronomie. Jeweils sind die Entdeckungen des letzten Jahres in diese Zusammenstellungen mit hineinverarbeitet. Außer Tabellen über die großen Planeten und periodischen Kometen finden wir solche über die 601 Asteroiden, die Sternschnuppenradianten, veränderlichen Sterne, Doppelsterne, Nebelflecke und Sternhaufen.

Die Entdeckungen der Asteroiden und Kometen des Jahres 1906 werden dann vom Herausgeber Hofrat Weiß eingehend besprochen und ebenso die Erscheinungen, die der Saturnring im laufenden Jahre bietet. R.

Verzeichnis der der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Ambronn, L. Sternverzeichnis, enthaltend alle Sterne bis zur 6,5. Größe: Für das Jahr 1900,0 bearbeitet auf Grund der genauen Kataloge und zusammengestellt von J. und R. Ambronn. Mit einem erläuternden Vorwort versehen und herausgegeben von Dr. L. Ambronn, Berlin, Julius Springer, 1907.

Annuaire météorologique pour 1906. Publié par les soins de A. Lancaster. Bruxelles, 1906.

Arctowski, H. Projekt einer systematischen Erforschung des Südpolarkontinents. Mit Illustrationen und einer Karte. Siwinna, Leipzig.

Astronomischer Kalender für 1907. Herausgegeben von der K. K. Sternwarte. Der ganzen Reihe 69. Jahrgang, der neuen Folge 26. Jahrgang. Gerolds Sohn, Wien.

August, C. Die Grundlagen der Naturwissenschaft. Berlin, H. Walther.

Bauer, H. Geschichte der Chemie. I. Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier, II. Von Lavoisier bis zur Gegenwart. (Sammlung Göschen) Leipzig, Göschenscher Verlag, 1906.

Baumgartner, S. L., A. Reisebilder aus Schottland. Freiburg i. Breisgau, Herderscher Verlag.

Bergens Museums Aarbog 1906. 1., 2. u. 3. Heft. Udgivet af Bergens Museum, Bergen, 1906/07.

v. Bezold, W. Gesammelte Abhandlungen aus den Gebieten der Meteorologie und des Erdmagnetismus. In Gemeinschaft mit A. Coym. Mit 66 Abbildungen im Text und 3 Tafeln. Braunschweig, Friedr. Vieweg und Sohn, 1906.

Bölsche, W. Charles Darwin. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Leipzig, R. Voigtländers Verlag, 1906.

Brass, A. Untersuchungen über das Licht und die Farben. I. Teil, mit 70 Abbildungen. Osterwieck, Harz, A. W. Zickfeldt, 1906.

Drescher, A. Kosmisches Leben im Werden und Vergehen (Spiralnebel und Sternhaufen). Ein Vortrag. Mainz, M. Quasthoff, 1906.

Dahn, K. Ein Blick ins Jenseits. Philosophische Phantasie. Braunschweig, Appelhans & Co. 1906.

Doflein, Fr. Ostasienfahrt. Erlebnisse und Beobachtuugen eines Naturforschers in China, Japan und Ceylon. Mit zahlreichen Abbildungen im Text und auf 18 Tafeln sowie mit 4 Karten. Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Eder, J. M. Ausführliches Handbuch der Photographie. Mit über 1500 Abbildungen und vielen Tafeln. Dritte gänzlich umgearbeitete Auflage. Erste Lieferung. (Das Werk erscheint in Lieferungen à 1 Mk.). Halle a. S., Wilh. Knapp 1906.

Eder, J. M. Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1906. Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner. 20. Jahrgang. Mit 210 Abbildungen im Text und 51 Kunstbeilagen. Halle a. S. Wilh. Knapp, 1906.

Fauth, Ph. Was wir vom Monde wissen. Entwicklung und heutiger Stand der Monderforschung. Ein Rückblick nach 20 Jahren selenographischer Arbeit zur Klärung neuerer Probleme. Mit 65 Abbildungen. Berlin, Herm. Hillger, 1906.

Franz, J. Der Mond. Mit 31 Abbildungen im Text und auf 2 Doppeltafeln. (Aus Natur und Geisteswelt) Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Gaedicke, J. Der Gummidruck (direkter Pigmentdruck). Dritte erweiterte Auflage. Bd. 10. Photographische Bibliothek. Berlin, Gustav Schmidt.

Geinitz, F. E. Die Eiszeit, Heft 16 der Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien „Die Wissenschaft". Mit 25 Abbildungen im Text, 3 farbigen Tafeln und einer Tabelle. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1906.

Gugenhan, M. Der Stuttgarter Talkessel. Mit 6 Abbildungen und 2 Plänen. Berlin, Friedländer & Sohn.

Gugenhan, M. Die Vergletscherung der Erde von Pol zu Pol. Mit 154 Abbildungen. Berlin, Friedländer & Sohn, 1906.

Gustavsson, W. Geheimnisse der Religion. Ein Rückblick und Ausblick über Gottheit, Natur und Naturerkennen. Erstes bis drittes Tausend. Stuttgart, Strecker & Schröder, 1906.

Haas, H. Leitfaden der Geologie. Achte, gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage mit 244 in den Text gedruckten Abbildungen und einer Tafel. Leipzig, J. J. Weber, 1906.

Hänzel, Edm. Der Elektrizitätsstrom im verdünnten Gase. Berlin. Selbstverlag.

Heilborn, A. Die deutschen Kolonien (Land und Leute). Zehn Vorlesungen. Mit vielen Abbildungen im Text und zwei Karten. (Aus Natur und Geisteswelt.) Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Henkler, P. Der Lehrplan für den Unterricht in Naturkunde, historisch und kritisch betrachtet. Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Holzmüller, G. Elementare kosmische Betrachtungen über das Sonnensystem und Widerlegung der von Kant und Laplace aufgestellten Hypothesen über dessen Entwicklungsgeschichte. Mit 8 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Fortschritte der Physik. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Halbmonatliches Literaturverzeichnis redigiert von Karl Scheel und Rich. Aßmann. 5. Jahrgang 6—24, 6. Jahrgang 1—6, 1907, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Dessauer, Fr. u. Franze, P. C. Die Physik im Dienste der Medizin mit besonderer Berücksichtigung der Strahlungen (Sammlung Kösel). 1906, München, Kösel'sche Buchhandlung.

Gerland, G. Physikalische Geographie von A. Geikie. Deutsch von Oskar Schmidt. Sechste verbesserte und vermehrte Auflage. Mit Abbildungen und einem Anhang von Fragen und Aufgaben. 1907, J. Trübner, Straßburg.

Kaehrn, M. Der Mensch und die Natur. 1906, E. Reinhardt, München.

Kempke, E. Der Porträt- und Gruppenphotograph beim Setzen und Beleuchten. Zweite Auflage (Encyklopädie der Photographie No. 55). Halle a. S., Wilh. Knapp, 1906.

Kistner, A. Geschichte der Physik. I. Die Physik bis Newton. Mit 13 Figuren. II. Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Figuren (Sammlung Göschen). Leipzig, Göschenscher Verlag, 1906.

Knauer, Fr. Fauna und Flora des Meeres. Mit 1 Vollbild und 47 Illustrationen im Text. Berlin, H. Hillgers Verlag, 1906.

Koenig, E. Das Wesen der Fortpflanzung. Neue Gesichtspunkte. München, Seitz & Schauer.

Koppen, W. Klimakunde I. Allgemeine Klimalehre. Mit 7 Tafeln und 2 Figuren (Sammlung Göschen). Leipzig, Göschenscher Verlag, 1906.

Krische, P. Das agrikulturchemische Kontrollwesen (Sammlung Göschen). Leipzig, Göschenscher Verlag, 1906.

Kromphardt, G. Fred. Die Welt als Widerspruch. Selbstverlag, 1906.

Kuster, E. Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen. Mit 38 Abbildungen im Text. (Aus Natur und Geisteswelt, 112. Bändchen). Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Loisel, Julien. Guide de l'amateur météorologiste. Paris, Gauthier-Villars, 1906.

Marx, E.: J. J. Thompson Elektrizitäts-Durchgang in Gasen. Deutsche autorisierte Ausgabe in drei Lieferungen. I. Lieferung. Mit 54 Textfiguren. 1905. II. Lieferung. Mit 63 Textfiguren. 1906. III. Lieferung. Mit 70 Textfiguren .1906. Leipzig, B. G. Teubner, 1905/1906.

(Schluß folgt.)

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H. Zossen—Berlin SW. 68
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Das periodische System der Elemente und seine Beziehungen zu den Spektren.

Von **Prof. Dr. J. Scheiner** in Potsdam.

Zu den ältesten Errungenschaften der wissenschaftlichen Chemie gehört die Erkenntnis, daß gewissen Gruppen von Grundstoffen oder Elementen ähnliche chemische und physikalische Eigenschaften zukommen. So konnte man zunächst die Elemente in zwei Gruppen, die Metalle und Metalloide, vereinigen, indem die Glieder der ersteren Gruppe physikalische Ähnlichkeiten mit den altbekannten Metallen Eisen, Kupfer, Silber und Gold zeigten, die sich hauptsächlich auf Glanz und Härte bezogen, während die Metalloide hiervon starke Abweichungen bieten, wie z. B. der Schwefel oder gar das gasförmige Chlor. Aber auch in chemischer Beziehung war ein wesentlicher Unterschied vorhanden; die Metalle liefern in ihren Verbindungen mit Sauerstoff und Wasserstoff hauptsächlich Basen, die Metalloide hauptsächlich Säuren, deren weitere gegenseitige Verbindung zu den mehr neutralen Salzen führt.

Ein weiterer Fortschritt bestand in der Erkenntnis, daß außerdem kleinere Gruppen von Elementen existierten mit auffallenden Ähnlichkeiten in bezug auf ihre chemischen Eigenschaften und diejenigen ihrer Verbindungen. So unterscheidet man z. B. vier Gruppen von Metallen:

1. Die Alkalimetalle (Kalium, Natrium, Lithium, Rubidium, Caesium), welche eine sehr große Verwandtschaft zum Sauerstoff besitzen und mit ihm (Oxyde) die stärksten Basen mit ätzenden Eigenschaften bilden, wie Kali- und Natronlaugen; diese sowie die kohlensauren Verbindungen sind im Wasser leicht löslich.

2. Die Metalle der alkalischen Erden (Baryum, Strontium, Calcium,

Magnesium). Ihre Verwandtschaft zum Sauerstoff ist auch noch groß, aber doch wesentlich geringer als bei den Elementen der ersten Gruppe. Die Oxyde sind ebenfalls noch starke Basen, aber in Wasser nur schwer lösbar. Die kohlensauren Salze sind in Wasser unlöslich.

3. Die Metalle der alkalischen Erden (Aluminium und einige seltene Metalle). Die Verwandtschaft zum Sauerstoff ist nur gering und nur in der Rotglühhitze vorhanden. Die Oxyde sind schwache Basen und in Wasser unlöslich.

4. Die schweren Metalle wie Eisen, Nickel, Zink, Blei, Silber, Gold, Platin etc. Die Verwandtschaft zum Sauerstoff ist noch geringer als bei der vorigen Gruppe. Die Oxyde sind teils schwache Basen, teils schon Säuren; in Wasser sind sie sämtlich unlöslich.

Auch bei den Metalloiden wurden derartige Gruppenbildungen erkannt, z. B. in der Reihe Fluor, Chlor, Brom und Jod.

Alle diese Zusammenfassungen waren rein statistischer Natur, sie beruhten nur auf der Erkenntnis gemeinschaftlicher Ähnlichkeiten; aber das Argument hierfür, d. h. diejenige Grundeigenschaft, von deren Größe oder Intensität die Gruppierung abhängt, blieb lange Zeit verborgen, bis sie von Lothar Meyer, ganz besonders aber von dem vor kurzem in hohem Alter verstorbenen russischen Chemiker und Staatsmann Mendelejeff erkannt und in genialer Weise zum Aufbau eines natürlichen Systems der Elemente benutzt werden konnte.

Diese maßgebende Charakteristik der Elemente ist das Atom- oder Verbindungsgewicht, d. h. diejenige Verhältniszahl, welche angibt, wieviele Gewichtsteile der verschiedenen Elemente im gasförmigen Zustande sich zu chemischen Verbindungen vereinigen können. Der Wasserstoff hat das kleinste Atomgewicht aller Elemente; man hat es daher mit 1 bezeichnet, so daß die Atomgewichte aller anderen Elemente größere Zahlen sind. Wenn z. B. das Atomgewicht von Sauerstoff 16, dasjenige von Blei 207 ist, so besagt dies, daß sich nur 16 Gewichtsteile Sauerstoff mit 207 Gewichtsteilen Blei vereinigen können, oder Vielfache hiervon, z. B. $2 \times 16 = 32$ Teile Sauerstoff mit 207 Teilen Blei, niemals aber unter beliebigen anderen Verhältnissen. Wir werden hier der Einfachheit halber die Atomgewichte immer in ganzen Zahlen angeben; in Wirklichkeit sind es nicht so einfache Verhältniszahlen, wenngleich sich nicht leugnen läßt, daß sie mit wenigen Ausnahmen ziemlich nahe bei ganzen Zahlen liegen. Man hat lange Zeit geglaubt, daß die Abweichungen von den ganzen Zahlen nur durch Fehler in den Bestimmungen der Atomgewichte verursacht seien oder durch Verunreinigungen der betreffenden Substanzen, und daß alle Elemente nur durch die Zusammenschließung der Wasserstoffatome entständen, indem letztere

der eigentliche Grundstoff der Materie seien. So sollte z. B. Sauerstoff aus 16 Wasserstoffatomen, Blei aus 207 bestehen. Als sich das Atomgewicht des Chlor in unzweifelhafter Weise als nahe 35,5 herausstellte, konnte man sich mit der Annahme helfen, daß der Wasserstoff selbst bereits aus zwei Atomen des Grundelements zusammengesetzt sei und die übrigen Elemente hauptsächlich aus Vielfachen dieser Doppelatome beständen, in einzelnen Fällen, wie beim Chlor, aber auch aus ungeraden Vielfachen der Einzelatome. Die Ansicht, daß der Wasserstoff das Grundelement sei, ist auch heute noch vielfach verbreitet; aber man stellt sich die Bildung der übrigen Elemente durchaus nicht mehr in so einfacher Weise vor wie früher, jedenfalls nicht in dem Sinne, daß das Atomgewicht ohne weiteres die Zahl der Atome eines Grundelementes angäbe. So kann es vorkommen, daß zwei differente Elemente sich in ihren Atomgewichten um viel weniger als eine Einheit unterscheiden, wofür ein interessantes Beispiel die Elemente Nickel und Kobalt bieten. Nach den neuesten Bestimmungen soll Kobalt das Atomgewicht 59,0, Nickel 58,7 besitzen, nach anderen Ermittelungen liegen die Atomgewichte noch näher zusammen, so daß sich nicht entscheiden läßt, welches der beiden Metalle das höhere besitzt. Und doch hat man es hier mit zwei Elementen zu tun, die trotz vielfacher Ähnlichkeiten durch ganz bestimmte Charaktere sich unterscheiden.

Es ist heute als eine feststehende Tatsache zu betrachten, daß jedem Elemente ein unveränderliches, ganz bestimmtes Atomgewicht zukommt, und daß sich die Materie nicht in beliebiger, etwa kontinuierlich verlaufender Weise zu den Elementen zusammenfügen kann, daß es also nicht unendlich viele Elemente gibt, sondern daß die Materie gezwungen ist, sich diskontinuierlich, in ganz bestimmten Verhältnissen zu vereinigen, so daß von dem einen derartigen Vereinigungspunkte bis zum nächsten keine weiteren Zusammenfügungen möglich sind. Das läßt sich in anderen Worten als folgender Grundsatz des Aufbaues unserer Materie hinstellen: Das Atomgewicht ist das unveränderliche und charakteristische Argument, von dem allein alle chemischen und physikalischen Eigenschaften der sämtlichen Elemente abhängen. Dieser Satz ist nun von äußerster Wichtigkeit; denn es ergibt sich aus ihm ohne weiteres, daß, wenn das Gesetz bekannt wäre, nach dem die Atomgewichte entstehen, wir in der Lage wären, alle Elemente, welche die Natur hervorbringen kann (nicht zu verwechseln mit denjenigen, welche als vorhanden bekannt sind), im voraus anzugeben, nebst ihren sämtlichen Eigenschaften. Von dieser Kenntnis kann aber noch gar keine Rede sein; von dem herrschenden Grundgesetz haben wir noch keine Ahnung, und doch ist uns statistisch

bereits soviel bekannt, daß wir von dem praktischen Endziel dieser Untersuchungen nicht allzuweit entfernt sind. Schon ist es gelungen, eine ganze Anzahl von neuen Elementen mit ihren ungefähren Eigenschaften aufzustellen, und einige derselben sind bereits im Laufe der Zeit tatsächlich auf Grund dieser hypothetischen Eigenschaften aufgefunden worden. Mit den das Atomgewicht als letztes Charakteristikum betrachtenden Untersuchungen und Ergebnissen sollen sich nun die folgenden Zeilen befassen, auf Grundlage der Entdeckungen von L. Meyer und Mendelejeff.

Ordnet man unter Ausschluß des Wasserstoffs, also mit Helium, dessen Atomgewicht 4 ist, beginnend, die Elemente nach ihren wachsenden Atomgewichten, so ist zu bemerken, daß sich die meisten chemischen und physikalischen Eigenschaften nicht nach dem Zufall, sondern in bestimmter, kontinuierlich ab- oder zunehmender Weise ändern bis zum achten Elemente, dem Fluor, mit dem Atomgewicht 19. Mit dem folgenden Element, dem Neon, Atomgewicht 20, bricht aber diese Kontinuität plötzlich ab, und die Eigenschaften des neunten Elements entsprechen wieder denen des ersten. Dieses Spiel wiederholt sich wieder bis zum 17. Element usw., mit der Modifikation jedoch, daß nunmehr abwechselnd acht und elf Elemente aufeinander folgen. Im letzteren Falle aber sind die drei überschüssigen Elemente untereinander ganz besonders ähnlich, so daß ihre Zusammengehörigkeit auf den ersten Blick auffällt.

Ordnet man also die Elemente nach der angegebenen Weise in Horizontalreihen von je acht resp. elf Elementen, so treten nach dem Auseinandergesetzten die Ähnlichkeiten nicht bloß in den nebeneinanderstehenden Elementen auf, sondern in noch viel deutlicherer Weise in den untereinanderstehenden, so daß wir in diesen die bereits lange bekannten und eingangs erwähnten Gruppen der Alkalimetalle, Metalle der alkalischen Erden usw. wiederfinden.

Die folgende Tabelle stellt nach Mendelejeff unter Einfügung neuerer Elemente das natürliche periodische System der Elemente dar; unterhalb der Namen sind die Atomgewichte, auf ganze Zahlen abgekürzt, gegeben. Ein Strich bedeutet, daß sich hier ein Element befinden muß, welches zurzeit aber noch nicht entdeckt ist. Die Horizontalreihen III und IV sowie V und VI usw. bilden zusammen je eine große Periode, d. h. die Ähnlichkeiten der Elemente treten hervor zwischen III und V resp. IV und VI, und nicht zwischen III und IV resp. V und VI und entsprechend für die weiteren Perioden. Deshalb sind die betreffenden Elemente auch nicht untereinander gesetzt, sondern links oder rechts verschoben.

Das Periodische System der Elemente.

Gruppe / Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
I	He 4	Li 7	Be 9	Bo 11	C 12	N 14	O 16	Fl 19			
II	Ne 20	Na 23	Mg 24	Al 27	Si 28	P 31	S 32	Cl 35			
III	Ar 40	K 39	Ca 40	Sc 44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56	Co 59	Ni 59
IV	—	Cu 64	Zn 65	Ga 70	Ge 72	As 75	Se 79	Br 80			
V	Kr 82	Rb 85	Sr 88	Y 89	Zr 91	Nb 94	Mo 96	—	Ru 102	Rh 103	Pd 106
VI	—	Ag 108	Cd 112	In 114	Sn 118	Sb 120	Te 127	J 127			
VII	X 128	Cs 133	Ba 137	La 138	Ce 140	Pr 142	Nd 144	Sa 150	Eu 151	Gd 156	—
VIII		—	—	—	—	Ho 160	Er 166	Tm 171			
IX		—	—	Yb 173	—	Ta 183	W 184	—	Os 191	Ir 193	Pt 195
X		Au 197	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 209	—	—			
XI		—	Ra 225	—	Th 233	—	U 240	—	—	—	—

Eine flüchtige Betrachtung des Systems zeigt bereits zwei Gesetzmäßigkeiten, die miteinander zusammenhängen. Der Unterschied des Atomgewichts zwischen den horizontal aufeinander folgenden Elementen beträgt im Durchschnitt zwei bis drei, zwischen den vertikal aufeinanderfolgenden: 16 resp. $3 \times 16 = 48$. Diese Gesetzmäßigkeit lehrt auf das klarste die Bedeutung des periodischen Systems: „Die Vermehrung des Atomgewichts um 16 resp. um ein Dreifaches hiervon ergibt jedesmal ein neues Element von großer Ähnlichkeit mit dem ursprünglichen". Das ist zwar eine äußerst wichtige Tatsache, aber doch nur im statistischen Sinne; denn der Unterschied ist weder genau 16, noch ist er überhaupt konstant, er schwankt um diesen Mittelwert herum. Wir ahnen also eine Gesetzmäßigkeit, kennen sie aber nicht, da sie jedenfalls komplizierter Natur ist.

Der Wasserstoff läßt sich nicht ohne weiteres in das natürliche System einreihen. Man nimmt vielfach an, daß er das einzige, bis jetzt

bekannte Element einer obersten Horizontalreihe sei, also in die siebente Vertikalkolumne vor Sauerstoff zu setzen sei. Die leichteren Elemente 1 — 6 sowie das etwas schwerere Nr. 8 wären daher vorläufig durch Striche zu ersetzen; es ist dem gegenüber aber zu bemerken, daß er seiner chemischen Eigenschaften halber nicht recht an die angegebene Stelle paßt.

Es sind nun außerordentlich zahlreiche Versuche angestellt worden, noch weitere Gesetzmäßigkeiten zwischen den Atomgewichten der verschiedenen Elemente aufzudecken, und die Resultate schwanken zwischen den einfachsten Beziehungen und komplizierten mathematischen Formeln. Einen positiven Wert besitzen sie alle nicht, indem sie immer nur zu genäherten Darstellungen führen; einzelne Elemente fügen sich derartigen Formeln gut an, während andere vollständig herausfallen. Wir wollen daher diese Versuche unberücksichtigt lassen, um zu einer kurzen Besprechung der Beziehungen zwischen den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Elemente und ihrer Stellung im periodischen System überzugehen.

In erster Linie auffallend sind diese Beziehungen in Betreff der Valenz der Elemente. Unter Valenz versteht man diejenige Zahl der Atome des Wasserstoffs, die im Maximo sich mit einem Atome eines anderen Elementes verbinden können. Geht das betreffende Element keine Verbindung mit Wasserstoff ein, so wählt man zur Grundlage Chlor, Sauerstoff oder Schwefel. Doch muß bemerkt werden, daß in dieser Beziehung zuweilen starke Unterschiede in der Valenz desselben Elementes auftreten.

Einwertig sind, das heißt die Valenz eins besitzen diejenigen Elemente, deren Atome nur ein Wasserstoffatom binden können; die höchste, bisher beobachtete Valenzzahl ist sieben. Beschränken wir uns hier auf die Valenzen gegenüber dem Wasserstoff, so ergibt sich, daß die zu Anfang der horizontalen Reihen befindlichen Elemente die kleinste Valenzzahl (0) besitzen; es sind die Edelgase, von denen bisher keine einzige chemische Verbindung bekannt ist. Kolumne zwei enthält nur einwertige Elemente, Kolumne acht ebenfalls — die Kolumne neun kommt nicht in Frage, da deren Elemente keine Verbindung mit Wasserstoff eingehen — Vertikalreihe drei und sieben enthalten nur zweiwertige Elemente, vier und sechs nur dreiwertige und in fünf sind nur vierwertige enthalten. Eine Ausnahme von diesem Gesetze kommt also nicht vor.

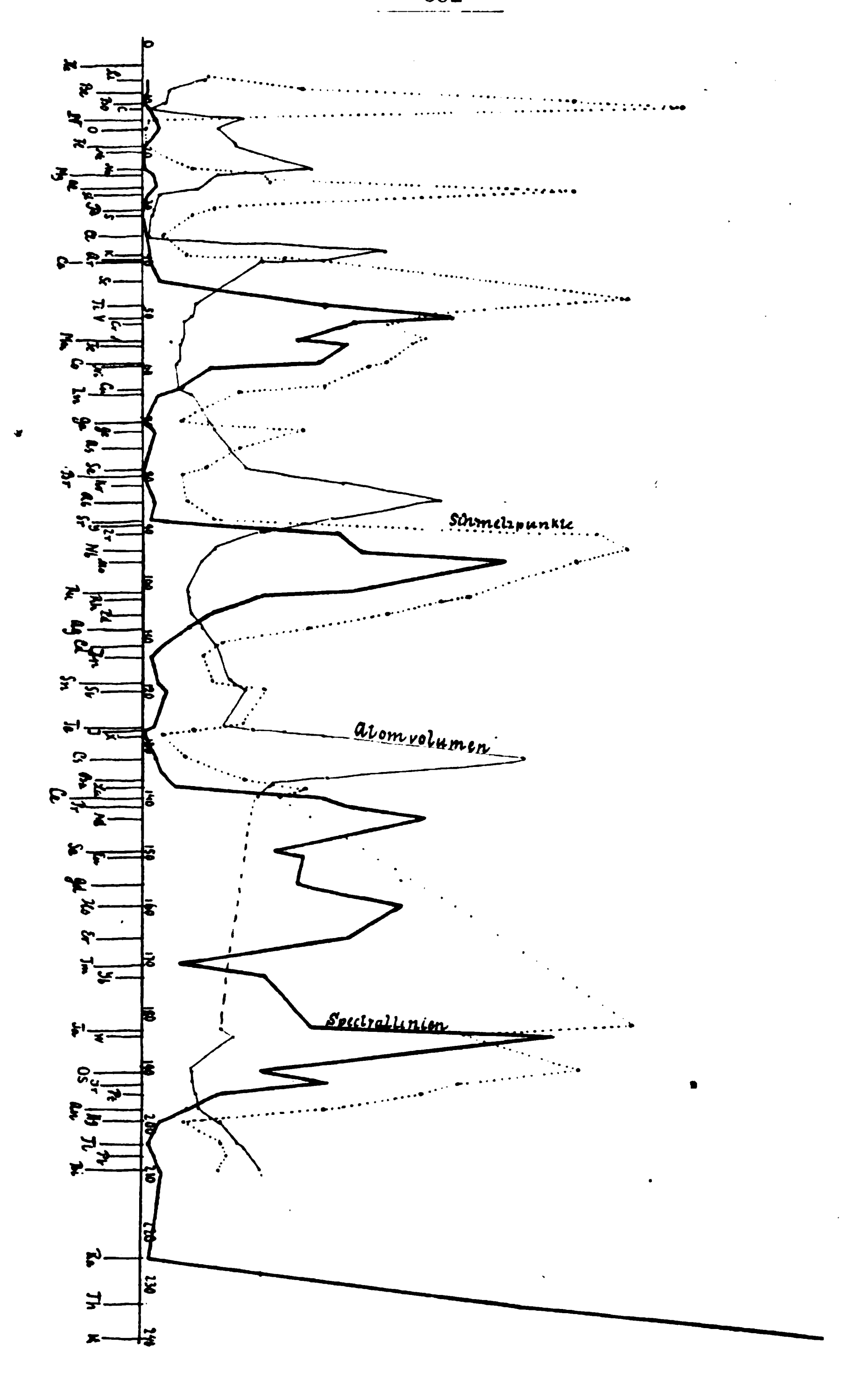
Im Zusammenhange mit der Verteilung der Valenzen steht diejenige der Metalle und Metalloide, doch ist hier keine vollkommene Regel-

mäßigkeit vorhanden, was schon allein aus dem Grunde nicht möglich ist, daß viele Elemente sowohl metallische als metalloidische Eigenschaften besitzen. Als hauptsächlichster Unterschied zwischen den beiden Gruppen kann die vorherrschende Bildung von Basen bei den Metallen und von Säuren bei den Metalloiden angesehen werden. Die äußeren Vertikalkolumnen 2 und 3 sowie 9 enthalten ausgesprochene Metalle, nur Osmium in der 9. Kolumne hat auch metalloidische Eigenschaften. In 2 sind die Oxyde der linksstehenden Elemente die stärksten Basen, auch in 3 tritt diese Eigenschaft noch stark hervor. 4, 5, 7, 8 enthalten Metalle und Metalloide nebeneinander, aber in 6, 7, 8 sind teilweise die Oxyde die stärksten Säuren.

Gehen wir zu den physikalischen Eigenschaften der Elemente über, so sind auch diese sämtlich auf ein etwaiges periodisches Verhalten untersucht, und fast überall haben sich wenigstens Andeutungen eines periodischen Wechsels gezeigt. Leider sind aber nur die wenigsten physikalischen Eigenschaften bei genügend vielen Elementen mit ausreichender Genauigkeit bekannt; viele andere lassen sich überhaupt nicht in eine einheitliche Form bringen, da sie an bestimmten Aggregatzuständen und Temperaturen haften. Wie soll man z. B. den Begriff der Härte auf im gewöhnlichen Zustande gasförmige oder flüssige Elemente anwenden, oder wie soll man den gleichen Begriff beim Blei zahlenmäßig angeben, dessen Härte von der des Eisens bei der Temperatur der flüssigen Luft variiert bis zu der des Wachses nahe vor dem Schmelzpunkt? Wir beschränken uns deshalb hier zunächst auf zwei physikalische Charakteristika, die Temperatur des Schmelzens und das Atomvolumen.

Die Schmelztemperatur ist zwar auch keine wirkliche Konstante, da sie z. B. mit dem Drucke variiert, aber die Änderungen sind doch relativ gering, so daß sie hier vernachlässigt werden können. Bei manchen Elementen ist die Schmelztemperatur, d. h. also diejenige Temperatur, bei welcher ein Element vom festen Aggregatzustande in den flüssigen übergeht, so hoch, daß Schmelzungen im Laboratorium gar nicht auszuführen sind, oder daß man die Schmelztemperatur nur ganz roh schätzen kann. Zu diesen Elementen gehört z. B. die Kohle. Für unsere Zwecke aber ist eine genaue Kenntnis der höchsten Schmelztemperaturen gar nicht erforderlich, es genügt, wenn man nur weiß, daß sie sehr hoch sind, d. h., oberhalb 2500° gelegen.

Die graphische Methode der Darstellung gewährt die beste Anschauung, und wir wollen uns deshalb derselben im folgenden bedienen. Die Schmelztemperaturen sind hierbei als sogenannte absolute angegeben, d. h. sie beziehen sich nicht wie bei unseren Thermometern auf den


Schmelzpunkte
Atomvolumen
Spectrallinien

Schmelzpunkt des Eises, sondern auf den absoluten Nullpunkt der Temperatur, der in der Celsius'schen Skala bei — 273° liegt.

In der nebenstehenden Tafel sind auf der unteren horizontalen Linie die Atomgewichte in gleichen Abständen von 0 bis 240 eingetragen. Die Stellung der bis jetzt bekannten Elemente ist in dieser Skala durch einen senkrechten Strich markiert, an dessen unterem Ende sich das chemische Zeichen des Elements befindet. Die Schmelztemperatur ist nun in einem beliebigen Maßstabe für jedes Element als Höhe eingetragen, und die — punktierte — Verbindungslinie dieser Punkte gibt also die Schmelztemperaturen der Elemente in der Reihenfolge der zunehmenden Atomgewichte. Bei den seltenen Elementen zwischen den Atomgewichten von 140 bis 180 und oberhalb 210 fehlen die Angaben über die Schmelztemperaturen; aber trotz dieser Lücken ist der periodische Charakter der Kurve ganz unverkennbar. Scharf ausgezeichnete Maxima der Schmelztemperaturen befinden sich bei den Elementen: Kohle, Silicium, Titan, Niobium und Tantal, welche sämtlich zu den beiden mittleren Gruppen 5 und 6 gehören. Die Minima liegen bei Sauerstoff, Fluor, Chlor, Brom, Krypton, Jod, Xenon, Caesium, die sämtlich zu den äußeren Reihen 1, 2 und 8 gehören. Die schon sonst abnorme Reihe 9 enthält nur Elemente mit hohen Schmelztemperaturen.

Eine auffallende Tatsache ist der häufig außerordentlich scharfe Übergang von hohen zu tiefen Schmelztemperaturen auch bei sehr geringen Unterschieden des Atomgewichts. Dies zeigen die steilen Auf- und Abstiege bei den Maximis; es kann noch etwas ausführlicher aus der folgenden Zusammenstellung ersehen werden:

Element	Atomgewicht	Schmelzpunkt
Kohle	12	3000° bis 4000°
Stickstoff	14	60°
Silicium	28	über 2500°
Phosphor	31	530°
Silicium	28	über 2500°
Aluminium	27	900°

Derartige Eigentümlichkeiten lehren am besten, eine wie außerordentlich scharfe Charakteristik das Atomgewicht für ein Element ist; sie machen jeden Zweifel darüber schwinden, daß zwischen den Elementen keine kontinuierlichen Übergänge vorhanden sind.

Der Begriff des Atomvolumens ist folgendermaßen formuliert. Das Volumen eines Gramms einer bestimmten Substanz wird als spezifisches Volumen bezeichnet; multipliziert man dieses spez. Volumen mit dem betreffenden Atomgewicht, so erhält man das sogenannte Atomvolumen.

Über die physikalische Bedeutung dieser Konstanten ist zu bemerken, daß die Atomvolumina die relativen Volumina der Atome darstellen würden, wenn bei allen Substanzen der Raum zwischen den einzelnen Atomen der gleiche wäre; das ist aber sicherlich nicht der Fall, und deshalb stellen die Atomvolumina die Summe der Räume dar, welche von den Atomen und dem zugehörigen leeren Raume beansprucht werden. Diese Atomvolumina sind nun wieder in charakteristischer Weise periodisch gruppiert, wie die dünn ausgezogene Kurve der Tafel erkennen läßt. Die Maxima liegen, soweit sie sich verfolgen lassen — bis Atomgewicht 140 — bei Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium und Caesium, also bei den sämtlichen Elementen der 2. Gruppe, den Alkalimetallen; auch sie sind ziemlich schroff ausgeprägt, und ihre Höhen wachsen mit zunehmendem Atomgewicht; die Minima sind ziemlich breit und gehören den Gruppen von 5 bis 9 an. Die Maxima der Atomvolumina liegen etwa in der Mitte zwischen den Maximis und Minimis der Schmelzpunkte.

Die Linienspektra der Elemente, d. h., also die Emissionsmaxima der Strahlungen, die ein Element im gasförmigen Zustande aussendet, sind als etwas ungemein Charakteristisches aufzufassen, da jedes Element ein ganz besonderes Spektrum besitzt, welches ihm allein zukommt. Daran also, daß das Spektrum etwas unmittelbar von den Atomgruppierungen in den Elementen Abhängiges ist, kann nicht gezweifelt werden. Es ist daher a priori zu erwarten, daß auch in den Spektren ein periodisches Verhalten vorliegen wird. Untersuchungen hierüber sind mit großen Schwierigkeiten verknüpft, die auf drei, bisher nur unvollkommen erfüllten Erfordernissen beruhen: 1. Kenntnis der Spektra über das ganze Strahlungsgebiet hinüber. 2. Kenntnis der Ursachen, welche bewirken, daß jedes Element, je nach der Art der Leuchterregung im allgemeinen verschiedene Spektra besitzt. 3. Erkenntnis der inneren Struktur der Spektra.

Die Kenntnis des Gesamtspektrums der Elemente wird wohl für immer verschlossen bleiben. Im Ultrarot kann man zwar stärkere Linien mit Hilfe des Bolometers nachweisen, für schwächere Linien aber versagt auch diese Methode gänzlich. Noch schlimmer steht es mit dem ultravioletten Teile, da bei den kleineren Wellen schließlich jedes optische Medium undurchsichtig wird, besonders unsere atmosphärische Luft. Unterhalb 0,2μ werden die Schwierigkeiten der photographischen Spektralaufnahmen schon unüberwindlich, und gerade die Kenntnis dieses Teils der Spektra ist im allgemeinen von besonderer Wichtigkeit, wie wir weiter unten zeigen werden. Bei allen Vergleichungen der Spektra untereinander sind wir also auf einen beschränkten Teil der Strahlung angewiesen.

Was nun die verschiedenen Arten der Spektra ein- und desselben Elements angeht, so werden dieselben durch verschiedene Methoden der Leuchterregung hervorgebracht, von denen man im allgemeinen 4 unterscheiden kann, die je nach der Natur der Elemente verwendet werden können. Diejenigen Elemente, welche schon bei niedrigen Temperaturen gasförmig sind, oder deren Siedepunkt tief liegt, z. B. Wasserstoff, Stickstoff, Quecksilber, Natrium, können in den Geißlerschen Röhren zum Leuchten gebracht werden, indem sie bei mehr oder weniger starken Verdünnungen in gewissem Sinne für stark gespannte elektrische Ströme leitend werden. Die äußere Temperatur der Gase kann hierbei ziemlich tief liegen, jedenfalls beträchtlich unterhalb der eigentlichen Glühtemperatur. Je nach der Art der elektrischen Ströme können aber in derselben Geißlerschen Röhre von demselben Elemente ganz verschiedene Spektra erzeugt werden.

Die Elemente, deren Verdampfung zwar höhere Temperatur erfordert, aber noch innerhalb der Grenzen unserer Flammentemperaturen, liefern Spektra, sobald sie in merklichen Mengen in diese Flammen gebracht werden, z. B. Natrium, Kalium und manche Salze derselben. Zur Verflüchtigung und Leuchterregung derjenigen Elemente, deren Siedepunkt oberhalb der Flammentemperatur liegt, genügt nur der elektrische Bogen oder Funken. Den hierbei erzeugten Temperaturen widersteht keines der bisher bekannten Elemente. Bogen und Funke sind eigentlich identisch, nur kann man in letzterem durch Einschalten von Leydener Flaschen die Stromdichte ungemein verstärken gegenüber dem Bogen. Die Funkenspektra der Elemente unterscheiden sich häufig sehr stark von den Bogenspektren. Als allgemeine Regel kann man hierbei aufstellen, daß die Bogenspektra einfacher und linienärmer sind als die Funkenspektra.

Man hat früher die Unterschiede der Spektra desselben Elements je nach der Leuchterregung allein dem Einflusse der Temperatur zugeschrieben. Später hat man gefunden, daß bei den elektrischen Leuchterregungen sehr komplizierte Verhältnisse vorliegen, so daß manche Physiker die Beziehungen der Veränderungen der Spektra zur Temperatur gänzlich in Abrede gestellt haben, ohne indessen einen positiven Ersatz hierfür bieten zu können. Erst in neuester Zeit scheint die moderne Elektronentheorie etwas Licht in dieses dunkle Gebiet der Physik zu werfen, und zwar in dem Sinne, daß man wieder mehr geneigt ist, der Temperatur einen wesentlichen Einfluß zuzuschreiben; es ist aber nicht möglich, an dieser Stelle hierauf näher einzugehen.

Soviel aber steht fest, daß eine rationelle Vergleichung der Elementenspektra untereinander nur möglich ist, wenn sie sämtlich in der gleichen Weise erzeugt sind. In dieser Beziehung ist nun in den letzten Jahren

ein wesentlicher Fortschritt durch die Untersuchungen von Exner und Haschek erfolgt, welche die Spektra der sämtlichen bekannten Elemente unter den gleichen Bedingungen (im Funken) und auf der gleichen Spektralstrecke ausgemessen haben.

Die dritte Bedingung, die Erkenntnis der inneren Struktur der Spektra ist in den letzten Jahrzehnten durch die Untersuchungen von Kaiser, Runge, Rydberg u. a. ganz außerordentlich gefördert worden; ihnen müssen wir eine ausführliche Darlegung widmen, nachdem wir zuerst diejenigen allgemeinen Resultate, welche aus der Zahl der Linien in den Funkenspektren der Elemente von Exner und Haschek gezogen werden können, mitteilen.

Die Zahl der gemessenen Linien beträgt etwa 50000; sie liegen sämtlich im photographischen Gebiete des Spektrums und verteilen sich auf die nach ihren Gruppen geordneten Elemente, wie die folgende Tafel zeigt. Die Zahl der Linien ist unter die Elementenzeichen gesetzt. (Die Edelgase, erste Gruppe, sind in der Zusammenstellung nicht enthalten).

Zahl der Spektrallinien der Elemente:

Gruppe / Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	He	Li 9	Be 9	Bo 3	C 13	N 89	O 104	Fl 0	
II	Ne	Na 8	Mg 46	Al 105	Si 44	P 0	S 0	Cl 11	
III	Ar	K 27	Ca 47	Sc 131	Ti 1337	V 2265	Cr 1572	Mn 1152	Fe 1517 Co 1295 Ni 503
IV	—	Cu 159	Zn 108	Ga 14	Ge 62	As 44	Se 0	Br 0	
V	Kr	Rb 55	Sr 40	Y 194	Zr 1424	Nb 1606	Mo 2674	—	Ru 1575 Rh 855 Pd 517
VI	—	Ag 372	Cd 113	In 30	Sn 87	Sb 160	Te 79	J 0	
VII	X	Cs 62	Ba 101	La 215	Ce 1300	Pr 1526	Nd 2014	Sa 976	Eu 1193 Gd 1150 —
VIII		—	—	—	—	Ho 1905	Er 1508	Tm 237	
IX		—	—	Yb 897	—	Ta 1213	W 3022	—	Os 838 Ir 1380 Pt 580
X		Au 352	Hg 94	Tl 16	Pb 74	Bi 98	—	—	
XI		—	Ra 17	—	Th 2070	—	U 5270	—	

Trägt man die Linienzahl in derselben Weise graphisch ein wie die Schmelzpunkte und Atomvolumina, so erhält man die in der Zeichnung stark ausgezogene Kurve, welche die Periodizität in deutlicher Weise ergibt. Wie bei den anderen Kurven sind die Maxima sehr schroff; sie liegen bei den Elementen Sauerstoff, Aluminium, Vanadium, Molybdän, Neodymium, Wolfram und Uran. Die ersten beiden Maxima sind sehr niedrig, dann aber nehmen sie stark zu mit zunehmendem Atomgewichte, um beim Uran mit 5270 Linien ein gewaltiges Maximum zu erreichen. Es ist nun eine ganz charakteristische Erscheinung, daß die sämtlichen Maxima um ein bis drei Elemente im Sinne der zunehmenden Atomgewichte gegen die Maxima der Schmelzpunkte verschoben sind, während im übrigen zwischen beiden Kurven eine große Ähnlichkeit besteht, die sich zum Teil sogar in den einzelnen Zacken ausspricht.

Es lassen sich noch weitere Gesetzmäßigkeiten erkennen:

1. Im allgemeinen nimmt die Linienzahl mit dem Atomgewicht zu, besonders ist die Linienzahl bei den kleineren Atomgewichten der ersten beiden Perioden oder Horizontalreihen sehr gering.

2. Die Linienzahl der ungeraden Horizontalreihen ist sehr viel höher als die der geraden Reihen und wächst mit der Reihenzahl. Es tritt dies sehr deutlich in der folgenden Zusammenstellung hervor, in welcher in der ersten Kolumne die mittlere Zahl der Linien in der betreffenden Horizontalreihe, in der zweiten Kolumne das mittlere Atomgewicht angegeben ist. Die VIII. Reihe enthält zu wenig bekannte Elemente, als daß deren Mittelzahlen ein richtiges Bild geben könnten; ebenso bleibt die letzte Reihe aus dem gleichen Grunde sehr unsicher; hier ist der Mittelwert aber angegeben unter Ausschluß des in seiner Stellung noch sehr unsicheren Radiums, um die interessanten Elemente vom höchsten Atomgewicht nicht ganz zu übergehen.

Horizontal-reihe	Mittlere Linienzahl	Mittleres Atomgewicht
I	32	13
II	31	29
III	985	50
IV	67	72
V	995	94
VI	120	118
VII	949	143
VIII	—	—
IX	1322	187
X	126	203
XI	3670	237

Weitere Schlüsse aus dem Materiale von Exner und Haschek zu ziehen, scheint vorläufig noch nicht angebracht zu sein.

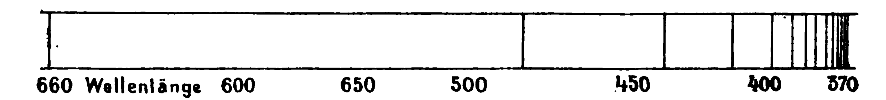
Daß die ganz speziellen Schwingungen, die beim Leuchten der Gase ausgesendet werden, sich mit der Atomkonstitution in irgend einem Zusammenhange befinden, erscheint selbstverständlich. Die Schwingungszahlen der einzelnen Linien eines Elements (also die Struktur der Spektra) müssen daher in irgend welchen Beziehungen zueinander und zu den übrigen Eigenschaften der Elemente stehen. Auf den ersten Anblick findet man bei Betrachtung der Spektra der Elemente aber wenig, was an gesetzmäßige Verteilung erinnern könnte; gewöhnlich scheinen die Linien sowohl ihrer Helligkeit als auch ihrer Lage nach gänzlich zufällig verteilt zu sein, nur fällt es auf, daß die Zahl der Linien im blauen und violetten Teile des Spektrums meistens viel größer ist als im roten und gelben Teile. Das Linienspektrum der Sonne ist ein Gemisch der Spektra der verschiedensten Elemente, und gerade bei ihm ist die Zunahme der Liniendichtigkeit nach dem Violett zu besonders auffallend.

Bei genauerer Betrachtung machen sich aber doch noch andere Gesetzmäßigkeiten bemerkbar. So folgen sich z. B. beim Wasserstoff die Linien, von rot beginnend nach violett, in immer kürzeren Intervallen, bis sie, im Ultraviolett ganz dicht zusammenliegend, plötzlich aufhören. Manche Elemente besitzen zweifache oder dreifache Linien, die in allen Teilen des Spektrums immer wiederkehren. Ganz besonders auffallend sind die Bändergruppen gewisser Elemente und chemischer Verbindungen, z. B. des Stickstoffs, der Kohlenwasserstoffe.

1885 wurde von Balmer gefunden, daß die eigentümliche Verteilung der Wasserstofflinien, wie sie in der nebenstehenden Figur angedeutet ist, nach einer äußerst einfachen mathematischen Form berechnet werden kann. Bezeichnet man die Wellenlängen der Wasserstofflinien mit λ und mit λ_0 die spezielle Wellenlänge 3647,2, so lautet die Balmersche Formel $\lambda = \lambda_0 \frac{n^2}{n^2-4}$, wenn für die einzelnen Wasserstofflinien der Reihe nach die Zahlen 3, 4, 5 . . . statt n gesetzt werden. Die Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den nach dieser Formel berechneten Wellenlängen der Wasserstofflinien ist eine so vollkommene, wie nach der Messungsgenauigkeit nur zu erwarten ist. Für $n = 3$ ergibt sich $\lambda = 6565$, entsprechend der roten Wasserstofflinie, für $n = 4$ folgt $\lambda = 4863$, die grüne Linie. Je größer n wird, um so dichter folgen die Linien aufeinander, wie die Figur zeigt. Die letzte beobachtete Wasserstofflinie hat die Wellenlänge 3661, sie entspricht $n = 31$; für $n =$ unendlich folgt $\lambda = \lambda_0 = 3647$; hier befindet sich also das theoretische Ende der Linienserie. Es ist noch einmal hervorzuheben, daß die Übereinstimmung der Messungen

mit der Formel eine vollständige ist, d. h. die Balmersche Formel ist der strenge, physikalische Ausdruck für die Gesetzmäßigkeit der verschiedenen Schwingungen des Wasserstoffs. Es ist nicht zu erwarten, daß für die anderen Elemente ähnlich einfache Beziehungen zwischen den Spektrallinien herrschen sollten, da der Wasserstoff das einfachste aller Elemente ist, und das ist auch tatsächlich nicht der Fall. Den Physikern Kaiser und Runge und Rydberg ist es aber gelungen, etwas kompliziertere, aber doch verhältnismäßig noch immer einfache Formeln aufzufinden, nach denen die Linien der anderen Elemente verteilt sind; aber die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung ist im allgemeinen keine vollkommene. Wir haben es hier also nicht mit wahren physikalischen Gesetzen zu tun, wie bei der Balmerschen Formel, sondern nur mit sogenannten Interpolationsformeln; von der wahren Form dürften sie aber auch nicht allzuweit entfernt sein.

Die von Kaiser und Runge gefundenen Serienformeln sind als eine Erweiterung der Balmerschen Formel zu betrachten, was sich am besten



erkennen läßt, wenn man die letztere umformt, so daß sie sich nicht auf die Wellenlänge, sondern auf die Vibrationsgeschwindigkeit bezieht. Diese letztere nämlich ist das eigentlich Primäre, die Anzahl der Schwingungen in der Sekunde ist das durch die Natur der Stoffe Gegebene; die Wellenlänge ist etwas Veränderliches und hängt z. B. von dem Medium ab, in welchem sich das Licht fortpflanzt. Im leeren Raume ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit für alle Schwingungsarten dieselbe; sie beträgt nahe 300000 Kilometer. Durch Division der Wellenlängen, wenn wir dieselben als bekannt voraussetzen, in die Lichtgeschwindigkeit erhält man die Zahl der Vibrationen in der Sekunde. Vibrationsgeschwindigkeit und Wellenlänge stehen also im reziproken Verhältnisse zu einander, so daß, wenn λ die Wellenlänge bedeutet, $\frac{1}{\lambda}$ die Vibrationsgeschwindigkeit ist. Wegen der unbequem hohen Zahl der Schwingungen in einer Sekunde nimmt man letztere gewöhnlich nicht als Einheit, sondern man gibt an, wieviele Schwingungen auf 1 cm Lichtweg fallen, also zeitlich in $^1/_{30000000000}$ Sekunde.

Formt man nun die Balmersche Formel auf Vibrationsgeschwindigkeiten um, so lautet sie

$$\frac{1}{\lambda} = Z + 4Z \, . \, n^{-2}.$$

Kaiser und Runge haben zu diesem Ausdrucke noch ein drittes Glied hinzugefügt, welches die Zahl n in der minus vierten Potenz enthält; außerdem haben sie auf die einfache Beziehung zwischen den Konstanten des ersten und zweiten Gliedes, daß letztere nämlich viermal so groß ist als die erstere, Verzicht leisten müssen, so daß ihre Seriengleichung nunmehr lautet:

$$\frac{1}{\lambda} = A + B \, . \, n^{-2} + C \, . \, n^{-4}$$

Die drei Konstanten A, B und C müssen für jedes Element respektive für jede Serie aus den Beobachtungen ermittelt werden.

Wir werden im folgenden wesentlich die Seriengleichung von Kaiser und Runge benutzen, müssen der Vollständigkeit halber aber noch eine von Rydberg aufgestellte Serienformel angeben. Dieselbe lautet:

$$\frac{1}{\lambda} = A + \frac{B}{(n + \mu)^2}$$

wo A, B und μ Konstanten sind, die ebenfalls aus den Beobachtungen der Linien bestimmt werden müssen, während n, wie bei den anderen Serienformeln, alle Zahlen von 1 an durchläuft.

Rydberg hat angenommen, daß die Konstante B bei allen Elementen und bei allen Serien denselben Wert hat; es ist dies aber nur genähert der Fall, denn auch die Rydbergsche Formel ist kein physikalisches Gesetz. Die Darstellung der beobachteten Wellenlängen oder Vibrationsgeschwindigkeiten ist bei beiden Formeln ungefähr gleich gut, nur bei den größeren Wellenlängen scheint die Rydbergsche Formel etwas weniger gut zu stimmen.

Diejenigen Spektrallinien eines Elements, welche in eine Serienformel sich einfügen lassen, bezeichnet man als Serienlinien. Bei vielen Elementen ist ein großer Teil der bekannten Linien nicht in Serien unterzubringen; es scheint so, daß bei sonst verwandten Elementen um so mehr Linien sich in Serien einordnen lassen, je niedriger der Schmelzpunkt liegt. So gehören z. B. beim Lithium (Schmelzpunkt 180°) alle Linien zu Serien, beim Baryum dagegen (Schmelzpunkt 850°) keine einzige.

Man unterscheidet bei einem Elemente zwischen einer Hauptserie und zwei oder mehreren Hilfs- oder Nebenserien, deren Linien durch gewisse Eigenschaften von einander differieren. Die Linien der Hauptserie sind alle scharf und erscheinen leicht umgekehrt, d. h. bei der Verdampfung des betreffenden Elements im elektrischen Bogen findet leicht Absorption in den äußeren kälteren Teilen des Bogens statt; die helle Emissionslinie zeigt also eine dunkle Absorptionslinie in ihrer Mitte. Die Linien der ersten Nebenserie sind kräftig und verwaschen, außerdem

ebenfalls leicht umkehrbar. Die Linien der zweiten Nebenserie sind schwach, scharf oder nur einseitig verwaschen und erscheinen niemals umgekehrt. Bei vielen Elementen bestehen die Serien aus engen Linienpaaren, zuweilen sogar aus drei- und mehrfachen Linien.

Je höher das Atomgewicht ist, um so kleiner ist A, d. h. um so mehr liegt der Anfangspunkt der Serien nach dem Violett zu, das Fehlen der Serien in den Elementen mit hohem Atomgewicht, wie z. B. beim Baryum, kann daher vielleicht ein scheinbares sein, indem die Serien so weit im Ultraviolett liegen, daß sie bisher nicht haben gesehen werden können.

Die Konstante B hat, wie auch in der Rydbergschen Formel, stets nahe denselben Wert, jedoch nicht genau denselben.

Die Serienformel ergibt, wie die Balmersche Formel, daß die Serienenden, nach denen hin sich die Linien immer mehr zusammendrängen, sämtlich nach den kleineren Wellenlängen hin liegen; die unmittelbare Folgerung hiervon ist die bereits hervorgehobene Tatsache des dichteren Zusammenstehens der Linien nach Violett zu.

Wir wollen nun sehen, wie sich die verschiedenen Elemente respektive Elementengruppen in bezug auf die Serienlinien verhalten, wobei wesentlich das einfachere Bogenspektrum nach den Beobachtungen von Kaiser und Runge in Frage tritt.

Gruppe 1. Die Edelgase: Helium, Neon, Argon, Krypton und Xenon.

Genauer bekannt sind nur die Spektra von Helium und Argon. Das erstere enthält zwei Hauptserien mit je zwei Nebenserien. Die Linien der 1. und 2. Serie sind enge Dubletten, zu denen die bekannte D_3-Linie gehört, die im Spektrum des Sonnenrandes und einiger Nebelflecke schon lange bekannt war, ehe das Helium selbst auf der Erde entdeckt war. Argon zeigt ein sehr kompliziertes spektrales Verhalten, indem es je nach der Art der Leuchterregung drei verschiedene Spektra besitzt. Über Serienanordnung der sehr zahlreichen Linien ist nichts bekannt.

Gruppe 2. Die Alkalimetalle: Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium, Caesium.

Die Spektra der Alkalimetalle zeigen ganz charakteristische Ähnlichkeiten. Sie enthalten sämtlich je eine Hauptserie und je zwei Nebenserien von Linienpaaren. Die Abstände der Linienpaare wachsen mit zunehmendem Atomgewichte, wie folgende Zusammenstellung zeigt, in welcher die Differenzen der Schwingungszahlen des ersten Paares angegeben sind.

Element	Differenz
Li	—
Na	16
Ka	57
Ru	285
Cs	550

Beim Lithium sind nur einfache Linien beobachtet; man kann aber nach dieser Zusammenstellung annehmen, daß auch Lithium Doppellinien hat, deren Abstand aber zu gering zur Trennung ist. Eine weitere Gesetzmäßigkeit besteht darin, daß bei allen Metallen dieser Gruppe die Distanz zwischen deren Doppellinien mit der vierten Potenz der Zahl n in der Seriengleichung abnimmt; die Abstände werden also immer enger, je weiter die Linien nach Violett zu liegen. Schließlich ist noch zu bemerken, daß die Linien der Nebenserien verhältnismäßig immer schwächer werden, je höher das Atomgewicht des betreffenden Metalles ist.

Gruppe 3. Die Metalle der alkalischen Erden: Magnesium, Calcium, Strontium, Baryum, Radium.

In den Spektren dieser Metalle sind je zwei Nebenserien gefunden, in denen jede Linie dreifach ist. In jedem Elemente sind die Schwingungsdifferenzen zwischen diesen drei Linienkomponenten konstant; bei Calcium und Strontium besteht die erste Linie der Triplets ebenfalls wieder aus drei sehr eng stehenden Linien. Im Baryumspektrum sind zwar Triplets vorhanden, bestimmte Serien haben aber noch nicht berechnet werden können. Eine ganz besonders charakteristische Beziehung ist nun von Runge zwischen den Triplets der vier ersten Elemente gefunden worden: die für jedes Element konstanten Schwingungsdifferenzen zwischen der ersten und zweiten Komponente der dreifachen Linie wächst nämlich ganz regelmäßig mit zunehmendem Atomgewichte. Es ist das ein ganz allgemeiner Satz, für alle Elemente gültig, welche doppelte oder dreifache Linien besitzen, und lautet ganz allgemein: In jeder Gruppe chemisch verwandter Elemente ist eine Potenz (bei den verschiedenen Gruppen variiert diese Potenz zwischen 2, 3, und 4) des Atomgewichts den Abständen der Komponenten der Linienpaare proportional.

Für die dritte Gruppe gelten folgende Zahlen:

Element	Atomgewicht	Schwingungsdifferenz
Mg	24	92
Ca	40	223
Sr	88	801
Ba	137	1691

Runge hat nun den interessanten Versuch gemacht, aus dem im Radium-

spektrum gemessenen Abstand der Komponenten der Linienpaare nach dem obigen Satze das Atomgewicht zu bestimmen durch Fortsetzung der vorstehenden Tabelle; es ergibt sich hiernach das Atomgewicht des Radiums zu 258 statt des auf chemischem Wege von Curie gefundenen Wertes 225. Es läßt sich zurzeit noch nicht sagen, welcher Bestimmung der Vorzug einzuräumen sein wird. Sollte 258 der richtige Wert sein, so würde Radium zwar in der dritten Gruppe bleiben, aber zwei Reihen nach unten rücken, wobei eine Anzahl neuer Lücken im periodischen System bekannt würde.

In der Gruppe 4: Bor, Aluminium, Scandium, Yttrium, Lanthan Ytterbium sind Serienlinien bisher nicht festgestellt, charakteristisch ist aber für diese Gruppe das regelmäßige Anwachsen der Linienzahl mit zunehmendem Atomgewichte.

Die Spektra der fünften Gruppe sind sehr linienreich, und es ist daher eine sehr schwierige und mühevolle Arbeit, Serien herauszusuchen; es gilt diese Bemerkung auch für die linienreichen Spektra anderer Gruppen, wodurch es erklärlich erscheint, daß über die Struktur dieser Spektra nur sehr wenig bekannt ist. Bei den Elementen Zinn und Blei der fünften Gruppe und Arsen, Antimon, Wismut der sechsten Gruppe sind Serien nicht aufgefunden worden; dafür aber tritt eine andere eigentümliche, ihrem Wesen nach noch völlig unaufgeklärte Beziehung zutage. Es lassen sich nämlich in diesen Spektren Linienreihen aufstellen, von denen jede aus der vorhergehenden durch Hinzufügung einer konstanten Schwingungsdifferenz zu erhalten ist. So enthält z. B. das Zinnspektrum 13 Linien der ersten Reihe, aus denen durch Addition von 5187,03 13 Linien der zweiten Reihe entstehen, aus diesen wiederum durch Addition von 6923,26 8 Linien einer dritten Reihe. Im Antimonspektrum sind sogar sechs Linienreihen erkannt worden. Derartige Beziehungen scheinen bei den Elementen der letzten Gruppen ebenfalls vorhanden zu sein; so soll nach Snyder im Rhodiumspektrum eine Gruppe von 54 Linien 19mal sich wiederholen.

Die erwähnten Beispiele dürften zur Erkenntnis genügen, daß die Struktur der Spektra in engen Beziehungen steht zur Stellung der Elemente im periodischen System, oder mit anderen Worten, daß das Atomgewicht in letzter Instanz das Emissionsvermögen der ins Leuchten versetzten, im gasförmigen Zustande befindlichen Elemente bedingt. In welcher Weise dies geschieht, entzieht sich aber vorläufig noch vollständig unserer Kenntnis.

Es ist nun seit einigen Jahren ein Gebiet der theoretischen Spektralanalyse eröffnet worden, welches neue Ausblicke gewährt, und welches vielleicht die Eingangspforte in die unklaren Vorgänge bei der Emission

oft, in der Mitte zu finden sein dürfte. Jedenfalls aber darf behauptet werden, daß es nicht angängig ist, den hohen Einfluß der natürlichen Umgebung, des Milieus der leblosen Welt, in dem der Mensch sich bewegt, auf alles menschliche Handeln und Erleben abzuleugnen. In den nachfolgenden Zeilen soll der Versuch gemacht werden, in kurzen Zügen ein flüchtiges Bild zu geben von der Einwirkung eines Faktors auf die Menschheitsgeschichte, der wohl der bedeutsamste ist in der leblosen Natur, soweit sie das Tun und Dulden des Menschen beherrscht, von der Einwirkung der Witterung auf die historischen Vorgänge.

Daß diese Einwirkung eine ganz gewaltige sein muß, wenngleich ihre Spuren sich nur in den seltensten Fällen direkt nachweisen lassen werden, ergibt schon eine oberflächliche Überlegung. In allen Zeiten der Menschheitsgeschichte, seit den Tagen der ersten Jäger und Nomaden bis auf die Gegenwart mit ihren technischen Wunderleistungen des höchstgesteigerten Kultur- und Verkehrslebens, ist es immer und immer wieder die Witterung, von deren zufälliger Gestaltung das Wohl und Wehe der Stämme und der Völker in nachdrücklichster Weise beeinflußt wird. Es ist kein Zufall, daß die höchsten Kulturen sich überall in den gemäßigten Klimaten entwickelten, wo die Menschen nicht allzusehr um des Leibes Notdurft zu ringen und mit den Unbilden einer rauhen, feindlichen Natur zu kämpfen hatten, wo ihnen aber auch nicht die Geschenke des Erdbodens gar zu verschwenderisch in den Schoß wuchsen und des Geistes Schwingen durch üppiges Wohlleben oder durch erschlaffende Sonnenglut gelähmt wurden. Nur dort gediehen des Menschen Geistesanlagen zur höchsten Entfaltung, wo er arbeiten und sich mühen, wo er sinnen und grübeln mußte, um des Lebens Güter zu erringen, wo ihm aber auch die Möglichkeit eines Lohnes seiner Arbeit winkte, wo er fröhlich hoffen durfte, sich der schwer erworbenen Güter dereinst in Frieden zu erfreuen.

Das Klima bestimmte, im Verein mit manchen anderen Faktoren der natürlichen Geographie, die Verteilung der Intelligenz über die Erde. Die Wandlungen und Schwankungen des Klimas hingegen, die Abnormitäten der Witterung, bildeten zu ungezählten Malen die auslösenden Momente, welche die sichtbaren Außerungen der Intelligenz, die Geschehnisse der Weltgeschichte, beeinflußten. Die Geschichte der Völker ist eine Geschichte des Kampfes der Menschen um die besten Lebensbedingungen. Wo daher durch Wetterungunst oder durch zu reichliche Vermehrung der Bevölkerung die Lebensbedingungen unter eine gewisse Schwelle herabsanken, da war der Anstoß gegeben zum Aufsuchen neuer, besserer Daseinsformen, die aber zumeist nur im Kampf gewonnen werden konnten. Die Wanderungen der Völker und Stammes-

verbände, die sich in mannigfach wechselnden Formen seit den Tagen der grauen Vorzeit bis auf unsere Gegenwart verfolgen lassen, vom Einfall der Hyksos in Ägypten und von der ionischen und dorischen Wanderung an bis auf die Burentrekks des 19. Jahrhunderts, sind stets eine Folge des Hungers, eine Äußerung des Triebes nach besseren Lebensbedingungen gewesen. Satte Völker wandern nicht — nur die hungernden treibt es in die Weite. In wie hohem Maße aber der Hunger bzw. die ein ganzes Volk betreffenden Hungersnöte Folgen der jeweiligen Witterungseinflüsse sind, bedarf nicht erst des Nachweises. Sehen wir doch noch in unseren Tagen mit ihrem so wesentlich erleichterten Güteraustausch und ihren hochgesteigerten Verkehrsverhältnissen, in wie fühlbarer Weise des Wetters Launen auf das wirtschaftliche Wohlergehen eines Kulturvolkes zurückwirken. Man mag daran ermessen, welche ausschlaggebende Rolle dieser Faktor in früheren Zeiten spielte, wo die Länder in ganz anderer Weise, wie heutzutage, auf die Erzeugnisse angewiesen waren, die ihr eigner Grund und Boden hervorbrachte. Eine Kombination von Umständen, die heut nur eine Teuerung verursacht, bedeutete in älteren Zeiten eine Hungersnot, und was heut eine wirtschaftliche Krisis ist, war dereinst eine Katastrophe von vitaler Bedeutung, die nur durch eine Dezimierung des betroffenen Volkes oder durch einen gewaltsamen Expansionsstoß einen Ausgleich finden konnte.

In der neuesten Zeit, im eigentlichen Zeitalter des Verkehrs, ist in den Kulturländern die Auswanderung ein höchst wirksames Ventil des Völkerelends, wie auch der Volksleidenschaften. Aber selbst diese eigenartige Umgestaltung der alten Völkerwanderungen muß in ihrer jährlichen Zu- und Abnahme großenteils durch wirtschaftliche Faktoren von mancherlei Art, vor allem durch Ernteerträgnisse, also im letzten Grunde wieder durch die Witterung in ausschlaggebender Weise beinflußt werden.

So treibt das Wetter von jeher die Menschen von ihrer Scholle, würfelt die Rassen und die Nationen durcheinander und trägt somit in bemerkenswerter Weise bei zu jenem kleinen Ausschnitt der Menschheitsentwickelung auf Erden, den wir in anmaßender Überschätzung „Weltgeschichte“ nennen.

Im einzelnen wird es nur selten möglich sein, den Einfluß der Witterung auf das Handeln der Völker direkt nachzuweisen. Kehren doch die großen Völkerstürme nicht immer den wirtschaftlichen Charakter ihrer Motive so unverhüllt hervor, wie er sich etwa in den meisten Wanderungen der Germanenvölker sowie in den Einfällen der Hunnen, der Mongolen und anderer wilder Horden unschwer erkennen läßt. Vielmehr hängen sich die ökonomischen Bedürfnisse der Völker gelegentlich ein ideales

Mäntelchen um, das die materialistischen Wurzeln der Bewegung gelegentlich bis zur Unkenntlichkeit verhüllt — man denke etwa an die Kreuzzüge und die Araberstürme des Mittelalters! Aber auch da, wo über die wirtschaftliche Entstehung eines Völkerstromes kein Zweifel obwalten kann, wo Mißernten, Hungersnot und Übervölkerung als die treibenden Ursachen der Bewegung deutlich zutage treten, ist es schwer zu sagen, welcher Anteil dabei der Witterung im speziellen zukommt. Denn wie es in der Regel eine Summe von Wirkungen ist, die ein bestimmtes Resultat hervorruft, so muß auch zumeist erst eine größere Reihe von einzelnen, wenig sinnfälligen Witterungsereignissen zusammentreffen und sich summieren, ehe ihre Wirkung auf die Geschicke der Menschen erkennbar wird, wie ja auch fast überall eine Vielheit von kleinen Anstößen Größeres hervorzurufen vermag als eine einmalige, besonders intensive Wirkung. Nichtsdestoweniger finden wir gelegentlich in alter wie in neuer Zeit das auslösende Moment einer großartigen Volksbewegung in einem einzelnen, bestimmten Wettervorgang.

So soll nach des Pytheas und Strabo allerdings nicht sehr glaubwürdigem und durch neuere Forschungen stark erschüttertem Bericht der unmittelbare Anlaß zu jener verderblichen Völkerwoge, die am Ende des 2. vorchristlichen Jahrhunderts von Norden her über die römische Welt hereinbrach und diese in der Katastrophe von Arausio in ihren Grundfesten erbeben ließ (6. Oktober 105 v. Chr. Geb.), eine fürchterliche Sturmflut der Nord- oder Ostsee gewesen sein, welche die Cimbern aus ihren alten Wohnsitzen verdrängt hatte und sie zwang, eine neue Heimat zu suchen.

Im neueren Europa mit seiner sozialen Schichtenbildung pflegen sich die großen Volkszuckungen, die früher zu einem Wandern in die unbekannte Ferne führten, in wesentlich anderer Weise zu äußern; aber die Abhängigkeit von den auslösenden Ursachen ist im großen und ganzen dieselbe geblieben. Der Zeitpunkt der durch lange Jahrzehnte vorbereiteten, großen französischen Revolution von 1789 wurde, wie insbesondere Taine dargelegt hat, im wesentlichen durch zwei gewaltige Witterungskatastrophen bestimmt, die in rascher Aufeinanderfolge über das französische Volk hereinbrachen, das duldende und darbende auf den Gipfel des Elends führten und die lange drohende Explosion der Leidenschaften schließlich unabwendbar machten. Es waren dies das entsetzlich verheerende, beispiellos gewaltige Hagelunwetter vom 13. Juli 1788, das Frankreich in seiner ganzen Längenausdehnung von Südwest nach Nordost, von den Pyrenäen bis Flandern, verwüstend durchzog, und weiterhin der unerhört strenge, fürchterliche Winter, der danach vom 24. November 1788 bis zum 14. Januar 1789 in einer

kaum je dagewesenen Intensität anhielt und der zum nagenden Hunger noch die Kälte gesellte und der Landwirtschaft wiederum unermesslichen Schaden zufügte. Sicherlich wäre die große Revolution auch ohne diese Witterungsereignisse schließlich einmal zum Ausbruch gelangt, aber diese, als letzte Glieder einer langen Kette von Ursachen, glichen in ihrer Wirkung dem zündenden Funken, der ins Pulverfaß fliegt. Die Bedingungen für die Explosion sind lange schon vorhanden, aber wenn der Funke ausbleibt, kann das Unheil vielleicht abgewandt werden! Im einzelnen die Wirkung des Wetters auf revolutionäre Zuckungen nachzuweisen, wird kaum möglich sein — aber sollte es wirklich nur ein bloßer Zufall sein, daß die drei großen europäischen Revolutionsjahre 1789, 1830 und 1848 jedesmal auf einen Winter von ganz ungewöhnlicher Strenge folgten?

Gerade in Zeiten revolutionärer Erregungen läßt sich die Abhängigkeit der menschlichen Leidenschaften von den jeweiligen Witterungsvorgängen ganz besonders deutlich beobachten. Die zufällige Gestaltung des Alltagswetters kann dann entscheidenden Einfluß auf den Gang der geschichtlichen Entwickelung gewinnen. Lafayette bewies einen feinen psychologischen Scharfblick, als er am Abend des 5. Oktober 1789 nach den wüsten Pöbelauftritten vor dem Versailler Schloß dem König Ludwig XVI. die beruhigenden Worte zurief: „Sire, gehen Sie jetzt getrost schlafen! Heut gibt's keine Unruhen mehr: es regnet!" Nichts vermag eben wirksamer die Volksleidenschaft niederzuhalten und besser als Polizei und Militär etwaige Aufstandsgelüste zu dämpfen als ein tüchtiger Wasserschauer, mag ihn nun der Himmel herniedersenden oder ein geschickter Pompier. Mit Wasserstrahlen sind Revolutionen wirksamer zu bekämpfen als mit Kanonen; aus demselben Grunde pflegt eines Monarchen wankender Thron auch, so lange es regnet, nicht durch Volkserhebungen gestürzt zu werden. Und man muß nicht glauben, daß in solchen Fällen der Gang der Geschichte nur verzögert wird — nein, er *kann* direkt in andere Bahnen geworfen werden; denn gerade in politisch erregten Zeiten ist eine Hinausschiebung eines Planes um wenige Tage unter Umständen von einschneidender, entscheidender Bedeutung, und wenn einmal die erste Leidenschaft in Regenfluten ersäuft ist, so flammt sie auch nicht so leicht zu neuem Brande wieder auf.

Revolutionen gedeihen nur bei gutem Wetter. Auch die Wiener und Berliner Revolutionen des März 1848 sind ein treffendes Beispiel hierfür. Hätte in jenen Märztagen etwa dasselbe kalte und rauhe Wetter geherrscht, wie um dieselbe Zeit des Jahres, 40 Jahre später, als man den damals so gehaßten „Prinzen von Preußen" mit höchsten Ehren zu Grabe trug — das Unglück wäre schwerlich erfolgt! Aber die wundervoll warmen Lüfte eines ungewöhnlich zeitigen Frühlings

machten 1848 in Wien wie in Berlin den Aufenthalt im Freien angenehm, und Lenzdüfte stachelten den Tatendrang in unheilvoller Weise auf. So kam es denn zu Katastrophen!

Die Witterung gehört freilich nur zu den Imponderabilien, aber man darf eben nicht übersehen, daß ein großer Teil der Weltgeschichte von Imponderabilien gestaltet wird. Wäre Columbus an jenem 7. Oktober 1492 nicht von der rein westlichen Kursrichtung, die ihn ans Festland von Nordamerika getragen hätte, absichtlich ein wenig südlich abgewichen, so wäre wohl heut die Verteilung der Nationen über den amerikanischen Kontinent eine wesentlich andere, als sie es tatsächlich ist. Wenn jenes zu groß geratene Fenster im Schloß Trianon nicht gewesen wäre, das dem allmächtigen Louvois einen Tadel seitens des Sonnenkönigs zuzog und ihn nun, wie berichtet wird, zur Sicherung der eigenen Position auswärtige Verwicklungen suchen ließ, so ständen vielleicht das alte Heidelberger Schloß und manch andere damals zerstörte Burg und Stadt der Pfalz noch heut in alter Pracht! Und was wäre heut Preußen, was das Deutsche Reich, wenn der große König bei Kunersdorf wirklich von der „verwünschten Kugel“ getroffen worden wäre, die er herbeisehnte und — glücklicherweise vergeblich — aufsuchte; wie hätten sich ferner wohl die Geschichte und die politische Geographie Europas gestaltet, wenn zwei Tage vor Waterloo der mit dem Pferd gestürzte Feldmarschall Blücher bei Ligny von den mehrmals vorbeistürmenden französischen Reitern nicht zufällig übersehen, sondern bemerkt und gefangen genommen worden wäre? —

Imponderabilien machen die Weltgeschichte; Zufälligkeiten aller Art müssen gerade so und nicht anders zusammentreffen, um der Historie ihre Gestaltung und ihren Charakter zu verleihen. So sehen wir denn auch einmalige, vielleicht kurzdauernde und an sich durchaus nicht sehr bemerkenswerte Witterungsvorgänge gelegentlich entscheidenden Einfluß auf die geschichtliche Entwicklung der Menschheit gewinnen. Ein ganz gewöhnlicher, herbstlicher Regenschauer, der am 27. September 1883 in der Binger Gegend niederging und die Waldgräben ein wenig mit Wasser füllte, brachte die Zündschnur zum Erlöschen, die am nächsten Tage Kaiser Wilhelm den Ersten und zahlreiche andere deutsche Fürstlichkeiten und hervorragende Persönlichkeiten in die Luft sprengen sollte, er vereitelte somit das furchtbare Niederwaldattentat.

Die Bedeutung des Regens in der Geschichte! Wir finden sie, wie in dem soeben genannten, besonders bemerkenswerten Fall, auch sonst noch hier und da in prägnanter Weise hervortreten. So soll ein Regenschauer in der Schlacht bei Crécy (26. August 1346) die Entscheidung herbeigeführt haben, indem er die Bogensehnen der genuesischen Bogenschützen,

von deren Eingreifen der Erfolg des Tages für die Franzosen abhing, durchnäßte und unbrauchbar machte. — Bekannt ist ferner die gewichtige Rolle, die der Regen zu wiederholten Malen in den preußischen Befreiungskriegen der Jahre 1813—1815, insbesondere im August 1813, gespielt hat. Bei Großbeeren (23. August) wie bei Hagelsberg (27. August) ereignete es sich, daß der strömende Regen das Pulver durchnäßte und das Schießen unmöglich machte, so daß im Kolbennahkampf die Entscheidung herbeigeführt werden mußte. Bedeutsamer noch war in jenen Tagen die Wirkung der herbstlichen Regengüsse auf den Hauptkriegsschauplätzen in Sachsen und in Schlesien. Der Rückzug der bei Dresden (26./27. August) geschlagenen Verbündeten wurde durch die niederströmenden Wassermengen aufs empfindlichste beeinträchtigt; andererseits aber begünstigte der Regen Blüchers Operationen an der Katzbach und der wütenden Neiße und beschleunigte und vervollständigte durch das damalige große Hochwasser des schlesischen Oderstromgebiets die gewaltige Niederlage der Franzosen (26. August), um dann freilich auch dem siegreichen Marschall Vorwärts die nachdrückliche Verfolgung des geschlagenen Feindes erheblich zu erschweren.

Und war es nicht wieder der Regen, der nach dem Unglückstag von Ligny (16. Juni 1815) durch Aufweichen aller Wege das rechtzeitige Eintreffen der preußischen Truppen in der Entscheidungsschlacht von Belle-Alliance nahezu unmöglich machte? — Welche wichtige Rolle dem tagelang strömenden Herbstregen auch als Bundesgenossen des Germanenvolkes in seinem Kampfe wider die Heere des Varus (September 9) beschieden war, indem er die Beweglichkeit der Legionäre hemmte und die Schrecken des Überfalls mehrte, hat uns Tacitus anschaulich geschildert.

Neben dem Regen wird der Verlauf kriegerischer Operationen besonders oft durch den Nebel in fühlbarer Weise beeinflußt worden sein. Soll doch zum Beispiel das folgenschwerste und ergreifendste Ereignis des 30jährigen Krieges, der Tod Gustav Adolfs bei Lützen am 16. November 1632, dadurch herbeigeführt worden sein, daß der Schwedenkönig im Nebel sich zu weit von dem ihm nachfolgenden Steenbock'schen Reiterregiment entfernte und fast allein zwischen die feindlichen Kürassiere geriet. Mußte doch auch noch in neuerer Zeit z. B. das Gefecht bei Missunde (2. Februar 1864) abgebrochen werden, weil dichter Nebel jede weitere Aktion vereitelte.

Fast noch häufiger als Nebel und Regen und die durch ihn bedingten Überschwemmungen spielt die Winterkälte eine große und zuweilen entscheidende Rolle in der Kriegsgeschichte. Am berühmtesten in dieser Hinsicht ist die große Tragödie des russischen Feldzugs von

1812. Ihr gelang in Verbindung mit anderen Momenten, was vordem keine Macht Europas vermocht hatte, die Bezwingung des großen Napoleon und die Zerschmetterung seiner vordem unbesiegten Heere. Ohne die fürchterliche Kälte jenes abnorm strengen Winters, von deren Schrecken uns speziell die Berichte über die große Beresinakatastrophe oder die auf historischen Studien beruhenden, berühmten Gemälde Wereschtschagins ein auschauliches Bild gewähren, wäre das Schicksal der „Großen Armee“ zwar auch ein sehr trauriges, aber schwerlich ein solches gewesen, daß der 1812er Feldzug mit Recht als eine der größten Tragödien der Weltgeschichte bezeichnet werden muß. — Es ist weiter aus der Geschichte jener Winter von seltener Strenge bekannt, der sich zu Beginn des Jahres 1077 mit den deutschen Fürsten verbünden zu wollen schien, um den gebannten König Heinrich IV. bei seiner denkwürdigen Alpenfahrt über den Mont Cénis gänzlich ins Verderben zu stürzen, und der auch noch den Büßer im Burghof von Canossa seinen eisigen Grimm fühlen ließ. Damals gewann zwar die Witterung keinen Einfluß auf den Gang der historischen Geschicke, aber die Erinnerung an ihre Eigenart ist doch aufs engste verwoben mit der Entwickelung eines großen geschichtlichen Trauerspiels.

Nicht eben selten ist auch der Fall zu verzeichnen, daß die durch einen strengen Winter völlig umgewandelten Verkehrsverhältnisse entscheidenden Einfluß auf die Abwickelung der kriegerischen Operationen und selbst auf die Beendigung eines Feldzugs gewinnen. So wurde die zugefrorene Donau zweimal von ganzen Heeren überschritten, 462 von den Goten unter König Theodemer und im Winter 557/8 von den Hunnen unter ihrem Anführer Zaberga. Die Eroberung des alten Brennabor (Brandenburg) hatte Heinrich der Vogler dem Umstande zu danken, daß damals in einem ungewöhnlich strengen und langdauernden Winter (927/28) der Angriff auf die Stadt von der ungeschützten Wasserseite aus erfolgen konnte, da die zugefrorene Havel das Belagerungsheer trug. Ähnlich nutzte 7 Jahrhunderte später der Schwedenkönig Karl X. den sehr strengen Winter 1657/58 zu einem verwegenen Handstreich aus, indem er im Kriege mit Dänemark plötzlich sein ganzes 12000 Mann starkes Heer mit der gesamten schweren Artillerie im Januar von Jütland aus über die zugefrorenen beiden Belte erst nach der Insel Fünen und dann nach Vordingborg auf Seeland führte und somit den Krieg ins Herz des feindlichen Landes trug, wodurch die hilflosen Dänen zu dem sehr nachteiligen Frieden von Roeskilde (26. Februar 1658) gezwungen wurden. Es ist dies das kühnste und großartigste derartige Ereignis, das die Geschichte kennt.

Bekannt ist ferner der Winterfeldzug des Großen Kurfürsten über

das gefrorene Frische und Kurische Haff im Januar 1679. Auch der Zug, den Papst Julius II. mit seinem Heer und mit schweren Geschützen Ende 1503 über den gefrorenen Po unternahm, ist bemerkenswert, zumal wegen der geographischen Lage des Flusses, der eine solche Unternehmung ermöglichte. Wenn die Einwirkung der letztgenannten beiden Vorgänge auf den Gang der kriegerischen Operationen nur gering war, so war der Winterfeldzug Pichegrus in dem äußerst harten Winter 1794/95 von desto bedeutenderen Folgen. Das Zufrieren aller niederländischen Flüsse und Wasserstraßen machte damals den französischen Feldherrn unabhängig von den bedeutenden natürlichen Hindernissen, die sich seinen Operationen ursprünglich kaum bezwingbar in den Weg stellen zu wollen schienen. Der am 23. Dezember einsetzende, ungewöhnlich strenge und anhaltende Frost beraubte die Holländer ihrer vorzüglichsten Verteidigung, der Wasserstraßen, auf die sie ihre ganze Hoffnung gesetzt hatten, und gestattete den Franzosen, mit ihrer gesamten schweren Artillerie am 28. Dezember über das Eis der Maas, am 8. Januar auch über den gefrorenen Waal zu setzen; er war es auch, der den Holländern in diesem seltsamen Kriege den härtesten Schlag zufügte, indem er die bei Texel eingefrorene holländische Flotte wehrlos machte und sie in diesem Zustand eine leichte Beute der über das Eis herannahenden feindlichen Reiter werden ließ (25. Januar 1795).

Stürme und Unwetter haben die großen Unternehmungen der Menschen, soweit sie historischen Charakter tragen, gleichfalls nicht selten in sehr bemerkenswerter Weise beeinflußt. Das berühmteste und großartigste Ereignis dieser Art ist die Vernichtung der „unüberwindlichen" spanischen Armada durch die schweren Auguststürme des Jahres 1588. Um ganz zu erkennen, was diese Stürme für die Geschichte Europas zu bedeuten hatten, muß man bedenken, daß mit dem Untergang der Armada der strahlende Stern der spanischen Weltmacht verblaßte, um seither unaufhaltsam von seiner stolzen Höhe herabzusinken, während die heutige weltgebietende Stellung Albions in den machtumwälzenden Ereignissen jenes Sommers 1588 gleichfalls ihre erste Ursache hatte. Daß damals nicht der an sich ziemlich tatenlose Krieg zweier Nationen, nicht die Handlungen der Menschen die Entscheidung brachten im Würfelspiel um die Weltenherrschaft, sondern die Gewalt der entfesselten Elemente, haben beide Gegner, die sich gegenüberstanden, willig anerkannt. „Afflavit Deus et dissipati sunt", frohlockte die Königin Elisabeth, und der enttäuschte Spanierkönig Philipp tröstete sich und den unglücklichen Führer der Armada mit den resignierten Worten: „Ich habe meine Flotte ausgesandt, nicht um gegen Sturm und Wellen zu kämpfen, sondern gegen Menschen".

Die Geschichte des Altertums kannte ein Gegenstück zu der spanischen unüberwindlichen Flotte, ein stolzes Schiffsheer, das auszog, um einem gefürchteten, schwächeren Gegner den sicheren Garaus zu machen, und das dann im Kampf mit einem schweren Sturm ein klägliches Ende fand: die Flotte des Darius, die Griechenland züchtigen sollte, dann aber in dem ungewöhnlich zeitigen und kalten Herbst des Jahres 492 v. Chr. Geb. vor Erreichung ihres Zieles am Vorgebirge Athos zerschellte. 12 Jahre später war der ungeheure Rachezug des Xerxes gegen Griechenland wieder nahe daran, an der Gewalt der Elemente zu scheitern, als die Schiffsbrücke, auf der das persische Landheer den Hellespont überschreiten wollte, zweimal durch Sturm und Wogendrang zerstört wurde, und im Jahre 410 v. Chr. Geb. ging an derselben Stelle, wo des Mardonius Flotte 82 Jahre vorher gescheitert war, am Athos, eine spartanische Flotte von 50 Trieren, die Agesandros führte, im Sturm vollständig verloren.

Als die kraftvoll aufstrebende Roma im 3. vorchristlichen Jahrhundert zur Weltpolitik überging und sich bei ihrem ersten Zusammenprall mit der Nebenbuhlerin Karthago eine Flotte geschaffen hatte, wurde diese zweimal, 255 und 249 v. Chr. Geb., am Vorgebirge Kamarina ein Opfer der Stürme, und Rom würde das Spiel verloren haben und wohl für immer hinter Karthago auf den zweiten Platz zurückgedrängt worden sein, wenn es sich durch diese elementaren Katastrophen und die damit verbundenen schweren finanziellen Opfer hätte abhalten lassen, nach der Seeherrschaft zu streben, die es sich schließlich mit Hilfe einer dritten, neugeschaffenen Flotte bei den Ägatischen Inseln (241 v. Chr. Geb.) endgültig ertrotzte.

Die Beispiele, daß die historischen Unternehmungen der Nationen zur See durch Stürme und Unwetter aller Art beeinflußt und meist mehr oder weniger geschädigt wurden, lassen sich in großer Zahl beibringen bis auf die neuere Zeit. Wäre doch die tollkühne Fahrt Bonapartes nach Ägypten, die auch sonst von einem fast unbegreiflichen Glück begünstigt war, nicht gelungen, wenn nicht Nelsons Beobachtungsschiffe, die vor Toulon auf die französische Flotte fahnden sollten, am 17. Mai 1798 durch einen Sturm in die sardinischen Gewässer verschlagen worden wären. Und wurde doch noch im Krimkriege am 14. November 1854 auf der Reede von Balaclava die Flotte der Verbündeten durch einen Sturmwind arg mitgenommen, der dadurch eine besondere Wichtigkeit erlangt hat, daß dies Ereignis der eigentliche Ausgangspunkt des modernen Wetterdienstes und des so segensreichen Prognosenwesens wurde.

Es bedurfte aber gar nicht einmal immer des Anschwellens zum Sturme, um dem Wind einen wichtigen Einfluß auf die maritimen Unternehmungen zu sichern. Günstige und widrige Winde hatten

jahrtausendelang für Gelingen und Mißlingen der menschlichen Pläne auf dem Meer eine entscheidende Bedeutung. Daß z. B. der Ausgang und Erfolg der Seeschlachten bis ins 19. Jahrhundert hinein von den Launen des Windes oftmals in entscheidender Weise abhing, bedarf nicht erst des Nachweises. Die Erfolge des großen holländischen Seehelden de Ruyter z. B. ruhten ja zum nicht geringen Teil auf seiner außerordentlich geschickten Ausnutzung der jeweiligen Windverhältnisse. Selten freilich wird der Wind von so hoher Bedeutung gewesen sein, wie im Winter 1470/71, als er ununterbrochen aus Westen wehte, wodurch Margarethe von Anjou dauernd verhindert wurde, ihr Heer von Frankreich nach England überzusetzen und dem „Königsmacher" Warwick die ersehnte Hilfe zu bringen. Damals entschieden diese Westwinde den Sieg der weißen Rose über die rote, denn nur durch Margarethens unfreiwillige, lange Behinderung war es König Eduard IV. möglich, einen Feinden zuvorzukommen, sie getrennt anzugreifen und einzeln zu vernichten (Sieg über Warwick bei Barnet am 14. April über Margarethe bei Tewkesbury am 4. Mai 1471).

Und noch einmal trug ein einfaches Umspringen des Windes in entscheidender Weise bei zur Gestaltung der Völkergeschicke und zur Entscheidung über die Vorherrschaft in der Beherrschung der Meere. Am 11. August 1805 lief Admiral Villeneuve mit der französischen Flotte von Coruña aus, um den wiederholten, dringenden Befehlen seines Kaisers nachzukommen, der im Lager von Boulogne ungeduldig auf den Moment wartete, wo er seine Truppen nach England hinüberwerfen und seinen gefährlichsten Feind vernichtend treffen konnte. Hätte Villeneuve damals seine Aufgabe, nach Boulogne zu fahren und die Truppen über den Kanal zu schaffen, erfüllt, so würde wohl wenige Wochen später Napoleon den Frieden in London haben diktieren können, denn einem energischen und geschickten Admiral gegenüber hätte damals die englische Flotte, ohne Nelson, keinen ausreichenden Widerstand entgegensetzen können, und 24 Stunden Herrschaft im Kanal hätten für Napoleon genügt, um England niederzuzwingen, die dritte Koalition zu vereiteln und den Kampf um die Weltherrschaft zu seinen und Frankreichs Gunsten zu entscheiden, wie er selbst ganz klar erkannte (Brief an Villeneuve: „Von Ihrer erfolgreichen Ankunft vor Boulogne hängt das Geschick der Welt ab"). Der unfähige und unentschlossene Villeneuve aber, den seine Furcht vor dem Feinde ohnehin nur widerwillig Napoleons Gebot gehorchen ließ, erfaßte die Größe seiner Aufgabe so wenig, daß er eine zufällige Drehung des Windes von Süd nach Nord, die am 13. August erfolgte, als ein Omen ansah, um dem Zuge seines Herzens zu folgen und umzukehren, als einen Wink des Schicksals, das ihn gen Süden wies. Und so fuhr er

denn statt nach Boulogne nach Cadix und ließ seinen Kaiser im entscheidenden Augenblick im Stich. Jene Winddrehung zog den Tag von Trafalgar nach sich und entschied das zwischen England und Frankreich gespielte Schachspiel um die Welthegemonie nun endgültig zu Englands Gunsten.

Wie auf dem Meere, so wirkten einzelne Unwetter gelegentlich auch auf dem Lande in sehr fühlbarer Weise auf kriegerische Unternehmungen und geschichtliche Vorgänge ein. Von solchen historisch bedeutsamen Stürmen und Unwettern erscheinen die nachfolgenden besonders erwähnenswert:

Der Zug des Kambyses gegen das Heiligtum des Jupiter Ammon scheiterte im Jahre 525 v. Chr. Geb. in der Wüste an einem furchtbaren Samum, der im Verein mit feindlichen Scharen den ganzen Heeresteil von 50000 Mann dem Untergang weihte. Im Jahr 346 v. Chr. Geb. brach während eines zwischen Karthagern und Griechen gelieferten Treffens am Bach Krimissus auf Sizilien ein schweres Gewitter mit Wolkenbruch und Überschwemmung los, durch das die Karthager in die Flucht getrieben wurden. Im Jahre 327 oder 326 v. Chr. Geb. verlor Alexander der Große in der jetzigen Bucharei durch ein schreckliches Unwetter etwa 1000 Mann. Im Jahre 113 v. Chr. war hingegen ein gewaltiges Unwetter die einzige Ursache, daß das römische Heer des Papirius Carbo bei Noreja, nach seinem verräterischen Überfall auf die Cimbern und Teutonen, von diesen nicht vollständig vernichtet und aufgerieben wurde. Unter den mannigfachen ähnlichen Vorkommnissen der nachchristlichen Zeit zeichneten sich die folgenden ganz besonders durch verderbliche Wirkung aus. Am 7. April 363 wurde das Heer des Julianus Apostata auf dem Zuge gegen die Perser von einem schweren Unwetter heimgesucht, und am 4. Juli 1044 wurden in der Schlacht an der Raab, die Kaiser Heinrich III. den Ungarn lieferte, durch die Gewalt eines furchtbaren Gewittersturmes zahlreiche Ungarn zu Boden gestreckt. Bedeutungsvoll war ferner ein mit Sturm verbundener Wolkenbruch, der am 8. September 1147 die Kreuzfahrer des 2. Kreuzzugs bei Choirobacchi überfiel und ihnen in Verbindung mit einer großen Überschwemmung des Melas schweren Schaden zufügte. Zwei andere historische Unwetter betrafen zufällig beide die in Frankreich Krieg führenden Heere König Eduards III. von England. Zuerst ereilte nämlich die Engländer vor Chartres am 13. Juli 1339 ein furchtbares Gewitter mit solchem Hagelschlag, daß selbst Menschen durch die Wucht der Schloßen erschlagen wurden — im Heere wurde dadurch eine derartige Unordnung hervorgebracht, daß Eduard III. für dieses Jahr von weiteren Unternehmungen absah. Ein zweites, ähnlich verderbliches Unwetter, aus Gewitter, Wolkenbruch und

Überschwemmung bestehend, überfiel Eduards Truppen Ende April 1360 bei Rueil; es sollen damals durch Blitzschlag und Wasserfluten 1000 Soldaten und 6000 Pferde umgekommen sein. Dieses Ereignis dürfte zum Zustandekommen des bald darauf erfolgten Friedens von Bretigny (8. Mai 1360) nicht wenig beigetragen haben. Infolge eines furchtbaren Unwetters, mit dem sich Sturm, Regengüsse und Erdbeben verbanden, mißlang auch Kaiser Karls V. großartiger Zug gegen Algier: vier Tage nach der Landung am algerischen Vorgebirge Metafuz ereilte diese Katastrophe die Expedition am Abend des 24. Oktober 1541 und zwang den Kaiser, mit einem Verlust von 15 Galeeren, 150 Lastschiffen und 8000 Mann wieder heimzukehren, worauf am 3. November die ostwärts nach Bryia steuernde Flotte in einem neuen Sturm noch einige Schiffe verlor.

In manchen anderen Fällen wirkten meteorologische Vorgänge irgend welcher Art weniger durch die mechanischen Schädigungen, die sie anrichteten, auf kriegerische Ereignisse ein, als durch den psychischen Eindruck, den sie auf die von abergläubischen Vorstellungen erfüllten Gemüter der betroffenen Heere ausübten. So wird, um nur einige Beispiele zu nennen, von Pausanias und Diodor berichtet, daß die Gallier im Jahre 280 v. Chr. Geb. auf ihrem Zug gegen das delphische Heiligtum durch ein furchtbares Gewitter mit Erdbeben und Hagelsturm sowie nachfolgendem Frost und Schnee, was sie für eine Zornesäußerung der beleidigten Gottheit hielten, aufs heftigste erschreckt und veranlaßt wurden, die beabsichtigte Plünderung zu unterlassen. Ähnlich sollen, nach der Erzählung des Livius, die auf Raub ausziehenden Bastarner im Jahre 179 v. Chr. Geb. am Donucaberge in Thracien durch ein schweres Gewitter mit Hagelschlag in die Flucht getrieben und von ihrem Vorhaben abgeschreckt worden sein. Auch die Goten waren abergläubisch genug, sich nach der ersten Eroberung Roms (24. August 410) durch einen heftigen Seesturm, der sie bei ihrer beabsichtigten Überfahrt nach Sizilien überfiel, zur Umkehr und zum Verzicht auf ihre Expedition bewegen zu lassen. Ihre Nachfolger in der Beherrschung Italiens, die Langobarden, verhielten sich nicht anders, als sie im Jahre 590, durch Regengüsse und Unwetter erschreckt, die Belagerung Roms aufgaben. Ebenso wurden am 15. Juli 718 die Sarazenen veranlaßt, die Belagerung von Konstantinopel abzubrechen, als ihre Flotte von einem furchtbaren, angeblich mit Feuer vermischten Hagelsturm überfallen und derartig beschädigt worden war, daß nur 20, nach anderen Chroniken sogar nur 5 Schiffe gerettet wurden. Was man von dem Feuer zu halten hat, das dem Hagel beigemischt gewesen sein soll, ist nicht ganz klar. Zündende Blitze wären doch wohl als solche erkannt und beschrieben worden,

könnten auch kaum eine ganze Flotte vernichtet haben. Es ist daher wahrscheinlich, daß der geheimnisvolle Vorläufer des Pulvers, das schon einmal im Jahre 678 gegen die Sarazenen angewendete „Griechische Feuer" es war, das eine so gewaltige und zerstörende Wirkung unter den Schiffen der Sarazenen anrichtete. Ein schweres Unwetter soll auch die Ursache gewesen sein, daß die Mongolen im Jahre 1241 von der Belagerung Breslaus abließen.

Bemerkenswert sind ferner in diesem Zusammenhange, insbesondere durch ihre psychologische Wirkung, die wiederholten Fälle, in denen Herrscher oder Heerführer vom Blitz erschlagen wurden bzw. erschlagen worden sein sollen. Der bekannteste Fall dieser Art betraf den von Platen in einem Gedicht besungenen Tod des römischen Kaisers Carus, der Ende Dezember 283 auf einem Kriegszuge gegen die Perser in seinem Zelt vom Blitz erschlagen worden oder bei einem durch Blitzschlag entstandenen Brand umgekommen sein soll. Ob diese Überlieferung den Tatsachen entspricht, erscheint äußerst zweifelhaft; die Annahme, daß der Wirkung des Blitzes nur zugeschrieben wurde, was in Wahrheit die Hand eines Mörders vollbrachte, liegt gerade für jene wilden Zeiten, wo fast jeder römische Kaiser eines gewaltsamen Todes starb, nur allzu nahe. Auf eine Stufe mit dem Bericht über Kaiser Carus' Tod ist vielleicht auch die legendenhafte Erzählung vom Tode des Romulus zu stellen. Es würde angängig sein, die Überlieferung, wonach der Gründer der ewigen Stadt im Jahre 717 v. Chr. Geb. während eines schweren Gewitters spurlos und für immer verschwunden sein soll, gleichfalls auf einen Tod durch Blitzschlag zu deuten, wenn man nicht aus psychologischen Erwägungen als wahrscheinlicher annehmen müßte, daß die von Priestern verbreitete Nachricht von der wundersamen Entrückung des Romulus nur dazu dienen sollte, in jenen abergläubischen Zeiten die leichtgläubigen Gemüter ohne Mühe von den Spuren eines geheimen Verbrechens abzubringen. — Den Tod durch Blitzschlag sollen auch nach einigen Chroniken der byzantinische Kaiser Anastasius I. (18. Juli 518) und der Langobardenkönig Aistulf (756) erlitten haben; doch lassen andere Berichte den ersteren eines natürlichen Todes, den zweiten durch Sturz vom Pferde sterben, so daß auch für diese Herrscher der Blitztod durchaus nicht verbürgt ist. Ein sicherer und unzweifelhafter Bericht über einen auf solche Weise herbeigeführten Todesfall einer historisch wichtigen Persönlichkeit liegt überhaupt nicht vor; wohl aber waren zwei Herrscher nahe daran, vom Blitz erschlagen zu werden, nämlich der deutsche König Heinrich V., der 1107 auf der Kaiserpfalz von Goslar in höchster Gefahr schwebte, indem sein Schild und sein Schwert neben seiner Lagerstatt vom Blitz getroffen und zum Teil geschmolzen

wurden, und weiterhin der brandenburgische Kurfürst Joachim I., dem am 15. Juli 1525 auf einer Ausfahrt vor seinem Schloß in Berlin-Kölln ein Blitzschlag den Kutscher mitsamt den Pferden tötete, während er selbst wie durch ein Wunder unverletzt blieb.

Sind diese letztgenannten Fälle nur historisch interessant, ohne daß die Witterung einen Einfluß auf den Gang der Weltgeschichte erlangte, so war ein Gewitter, das am 2. Juli 1505 zwischen Erfurt und Stutterheim niederging, von desto bedeutsameren Folgen. Es entlockte nämlich einem Martin Luther, als neben ihm ein Blitz niederfuhr, der nach einer Version sogar seinen Freund Alexis an seiner Seite getötet haben soll, das Gelübde, er wolle Mönch werden. Man weiß, wie er dies Gelübde hielt, wie er dann als Mönch 1511 nach Rom gesandt wurde und hier die Entartung der Kirche an der Quelle studierte; man weiß auch, wie diese Erfahrungen auf seine große Tat von 1517 einwirkten und $1^1/_2$ Jahrhunderten europäischer Geschichte ihre Bahn wiesen. Jenem Erfurter Juligewitter von 1505 gebührt vielleicht ein nicht geringer Anteil an der Gestaltung der Historie des 16. und 17. Jahrhunderts! —

Auf den Ausgang kriegerischer Unternehmungen wirkt ebenso wie die Unwetter in mancherlei Gestalt auch die Sonne als Witterungsfaktor zuweilen entscheidend ein. Die erschlaffende Sonnenhitze ist der gefährlichste Feind für die Ausdauer der Truppen, zumal wenn sich ihr Durst und Staub als gefürchtete Bundesgenossen zugesellen. Die Sonne war es, die den ersten Ansturm der Germanen auf das Römerreich abschlug, denn ihre sengenden Juligluten wirkten mehr als die römische Tapferkeit auf den Ausgang der Cimbernschlacht auf den Raudischen Feldern (30. Juli 101 v. Chr. Geb.) ein, in der die Entscheidung fiel über Sein und Nichtsein des römischen Weltreiches. Auch sonst sehen wir nicht selten, wie dem Feldherrn der Sieg zuteil wird, der sich Sonne, Wind und Staub zur Bekämpfung des Gegners nutzbar zu machen weiß. Diesen Waffen erlag das Heer des Crassus bei Carrhä (53 v. Chr.); auch der phantastische Marokkozug des Königs Sebastian von Portugal scheiterte daran bei Alcassar (4. August 1578).

Gelegentlich wirkt das Erscheinen der Sonne lediglich durch deren machtvolle, psychische Einwirkung. Es genügt, auf den begeisternden Einfluß hinzuweisen, den am 2. Dezember 1805 die blutigrote „Sonne von Austerlitz" auf die französischen Truppen ausübte, als sie den auf dem Schlachtfeld liegenden Nebel durchbrach. Napoleon, dieser geschickteste Meister in der Kunst der Massensuggestion, gab selbst Zeugnis von der hinreißenden Suggestivkraft des siegreich die Wolken durchbrechenden Sonnenballs, als er vor der Moskauschlacht (7. September 1812)

alte, stolze Erinnerungen in seinen Grenadieren weckte, indem er die sichtbar werdende Sonne mit den Worten begrüßte: „Voilà le soleil d'Austerlitz!"

Der Sonne in Verbindung mit abziehendem Regengewölk kam auch ein erheblicher Einfluß zu auf den Ausbruch der den Bauernkrieg in Mitteldeutschland beendenden Schlacht von Frankenhausen (15. Mai 1525). Die Aufrührer waren geneigt, mit den ihnen gegenüberstehenden mitteldeutschen Fürsten friedliche Unterhandlungen zu beginnen, um den für sie aussichtslosen Kampf zu vermeiden — da gelang es ihrem Anführer, Thomas Münzer, sie durch den Hinweis auf einen am Himmel erscheinenden Regenbogen, den er für ein sichtbares Zeichen der göttlichen Hilfe ausgab, zu bewegen, die schon begonnenen Verhandlungen abzubrechen und die Schlacht zu wagen, die dann den meisten Bauern den Tod brachte und den Krieg beendete.

Die Wirkung der Sonne als Witterungsfaktor auf die Weltgeschichte reicht aber wesentlich tiefer, als sie in derartigen einmaligen Beeinflussungen gelegentlicher, episodenartiger Vorgänge zutage tritt, deren Verlauf zwar ausschlaggebend für die Gestaltung der Völkergeschicke auf lange Zeit hinaus sein kann, ohne daß jedoch die allgemeine menschliche Entwicklung und Kultur dadurch dauernd beeinflußt und in andere Bahnen gelenkt werden können. Die Sonne ist aber nebenher auch die eigentliche Schöpferin des Klimas der Erde und die hauptsächliche Lenkerin der Klimaschwankungen.

Noch ist die Frage nicht abgeschlossen, ob die Klimate der alten Welt und speziell Europas sich in historischer Zeit geändert haben oder nicht. Manche Tatsachen sprechen gegen eine merkliche allgemeine Änderung, viele sprechen dafür. In einigen Ländern ist sicher seit der Zeit des klassischen Altertums eine Klimaveränderung eingetreten, die aber unter Umständen durch lokale Einflüsse, z. B. übermäßige Entwaldung, bedingt worden sein kann. Sicher erwiesen ist eine derartige Klimaveränderung, und zwar eine wesentliche Klimaverschlechterung, für Griechenland, worauf besonders Richard Lepsius in einem bemerkenswerten Vortrag auf dem Naturforschertag 1895 aufmerksam gemacht hat. Einst war Attica — heute eine Steinwüste — ein blühendes, reich bewässertes Land, und Hellas muß dereinst ein angenehmes Sommerklima besessen haben; es geht dies aus mannigfachen Anzeichen hervor, insbesondere aber daraus, daß die olympischen Spiele stets in der heißesten Zeit des Jahres, im Juli, abgehalten wurden, wobei die Teilnehmer und Zuschauer den ganzen Tag über ungeschützt unter freiem Himmel weilten. Heut wäre es ein lebensgefährliches Wagnis, sich auch nur

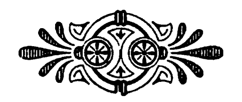
wenige Minuten ungeschützt den sengenden Strahlen der griechischen Sommersonne aussetzen zu wollen. Glühend heiß brennt die Sonne hernieder und ertötet alle geistige Regsamkeit und lähmt die körperlichen Kräfte. Ein getreues Abbild dieser Klimaveränderung ist das geistige Leben der Nation. Das Volk, das dereinst im Lauf von nur zwei Jahrhunderten einen Themistokles und Aristides, einen Perikles und Epaminondas, einen Sophokles, Aischylos, Phidias, Sokrates, Aristoteles, Epikur und zahlreiche andere erhabene Geister hervorbrachte, die sich kühn den größten Geistern aller Zeiten an die Seite stellen können, es hat seit zwei Jahrtausenden auch nicht einen Mann mehr hervorgebracht, der auch nur im entferntesten jenen leuchtenden Gestalten gliche. Ähnliche Spuren merklicher Klimaveränderungen, aus denen man freilich noch keine sicheren Schlüsse auf eine allgemeine Klimaschwankung in der alten Welt ziehen kann, finden sich in zahlreichen anderen Gegenden. In allen Erdteilen gibt es Spuren dafür, daß es in historischer Zeit heißer und trockner geworden ist und daß die Wüste und die Steppe im Vorrücken begriffen sind. Die Gründe dieser Erscheinung, die bisher freilich noch nicht als eine allgemein gültige nachgewiesen werden konnte, sind durchaus unbekannt, aber die Widerspiegelung derartiger meteorologischer Vorgänge in der Welthistorie und menschlichen Kulturgeschichte scheint doch unverkennbar zu sein. Oder sollte es nur ein Zufall sein, daß die höchstverfeinerte Entwicklung der Kultur seit den ältesten Zeiten bis auf unsere Tage eine dauernde Verlagerung von Süd nach Nord bzw. von Südost nach Nordwest erkennen läßt? Sollte sich darin nicht vielmehr ein natürliches Bestreben der Kultur äußern, der allzu großen, entnervenden Hitze zu entfliehen und kühlere Breiten aufzusuchen? In Indien und Ägypten entsprangen die ältesten erkennbaren Quellen der heutigen abendländischen Kultur. Was sind diese Länder und ihre Bewohner gegenwärtig? Willenlose Werkzeuge eines nordischen Herrenvolkes! Es folgten die Kulturen Assyriens und Babyloniens, das stolze Perserreich. Ruinen und Steinwüsten bedecken heut diese einst so blühenden Länder, und Unkultur herrscht dort, wo einst der Erde Gebieter residierten! Und dann entfaltete sich jene duftigste Blüte am Menschheitsbaum, die hellenische Kultur; aber auch sie verblühte nur allzu rasch, und das römische Weltreich trat auf den Plan, um nach jahrhundertelanger, glänzender Herrlichkeit gleichfalls in Stücke zu zerfallen. Und weiter schritt das Zentrum der Kultur, hin und her pendelnd, nach Norden und nach Westen. Die oberitalienischen Staaten und Städte, das Frankenreich, die spanische Weltmacht, das Zeitalter der französischen Ludwige, wo Paris der Nabel der Welt war, lösten einander ab, bis im 19. Jahrhundert die Vorherrschaft der Welt auf die germanischen Völker Europas

überging, auf England und Deutschland, die sich ihrerseits vielleicht bald wieder den Rang ablaufen lassen müssen von der starken, stolzen Nation, die jenseits des Ozeans, im Lande der unbegrenzten Möglichkeiten, eine so beispiellos schnelle Entwicklung durchgemacht hat. Und nicht nur die politische Macht, auch die geistige Führung der Welt verlagert sich sichtlich von Süden nach Norden: die italienische Renaissance wurde abgelöst von der Alleinherrschaft des französischen Geschmacks, dieser von der deutschen Klassikerzeit,, und neuerdings hat das skandinavische, insbesondere das norwegische Geistesleben einen Einfluß in der Welt gewonnen, der in gar keinem Verhältnis zur Kleinheit der Kopfzahl dieser Völker steht, — einen Einfluß, der speziell das moderne Norwegen in bezug auf seine Fülle genialer Köpfe auf engem Raum schon nahezu mit dem alten Hellas auf eine Stufe stellt.

Wer will, mag dieses Wandern der Kultur für Zufall halten und jede Gesetzmäßigkeit darin, da sie sich nicht erweisen läßt, leugnen. Doch liegt unstreitig der Gedanke nahe, daß ein inniger Zusammenhang zwischen dem Wandertrieb des höchstpotenzierten Geisteslebens und den Klimaveränderungen besteht. Gibt doch auch der Umstand zu denken, wie verschiedenartig in der Zeit der großen Völkerwanderungen das Schicksal derjenigen Germanenstämme war, die nach den warmen, üppigen Ländern des Südens verschlagen wurden, und derer, die im rauheren Norden blieben. Die ersteren gingen nach einer kurzen Zeit herrlichen Aufblühens sämtlich zugrunde, als habe ihnen die weiche, südliche Sonne das Mark entsogen und sie widerstandsunfähig gegen die Anforderungen des Lebenskampfes gemacht; die letzteren hingegen haben sich ihre Volksgesundheit und geistige Spannkraft bis auf unsere Tage unverändert bewahrt und dem Geistesleben der Jetztzeit auf der ganzen Erde das Gepräge verliehen. —

Es mangelt der Raum, diese Gedanken fortzuspinnen, die nur eine Skizze, eine Anregung sein wollen zu einer Untersuchung, deren vollständige kritische Durchführung ein umfangreiches Werk ergeben müßte. Unter allen den mannigfachen Einwirkungen der Witterung auf die Weltgeschichte, von deren Bedeutung die vorstehenden Ausführungen eine flüchtige Vorstellung erwecken wollten, ist aber jedenfalls die Beeinflussung des Klimas der gewichtigste Faktor. Denn nicht nur die Menschen und die Völker, sondern auch ihre Charaktere und ihre Geschicke sind in weit höherem Maße ein Produkt des Klimas, als man es sich im allge-

meinen träumen läßt. Natürlich wird niemand bestreiten, daß zur Gestaltung des historischen Werdegangs ideelle und materielle Einflüsse sehr mannigfacher Art zusammenwirken mußten. Will man aber die Abhängigkeit der Weltgeschichte von äußeren Faktoren treffend kennzeichnen, so hat man gewiß ein Recht dazu, sie in erster Linie als eine Funktion der Witterung zu bezeichnen!





Die Jagd nach kleinen Planeten

geht immer noch mit gleichem Erfolge weiter, ja sie wird noch ergiebiger, seit stärkere Fernrohre (Wolf) und andere Methoden (Metcalf, s. H. u. E. XIX, S. 89) benutzt werden. Wolf verwendet jetzt dazu auch einen Reflektor von 28 Zoll Öffnung, und der Gewinn durch die größere Lichtstärke des Instruments zeigt sich in der Auffindung schwächerer Planetoiden. Am 4. April gelang es Wolfs langjährigem Assistenten Kopff, auf einer Platte nicht weniger als neun Planetenstriche zu entdecken, worunter nur einer einem bereits bekannten Planeten angehörte, also acht neu waren. Am gleichen Abend wurde noch eine zweite Platte 20 Grad südlicher exponiert, die außer den bekannten Planeten Amalia und Charlotte noch zwei neue Planeten enthielt, so daß ein Abend deren zehn gebracht hatte. Die Helligkeiten dieser neuen Himmelsbürger liegen alle zwischen 12.9 und 14.0; sie sind daher visuell nur in den allergrößten Fernrohren zu beobachten, von denen der Wiener 27-Zöller fast allein sich dieser Aufgabe unterzieht. Es werden also nur einzelne dieser Planetoiden durch hinreichende Beobachtungen so gesichert werden können, daß ihre Bahnen bestimmt und sie mit laufender Nummer den Tafeln der Asteroiden eingereiht werden können. Letztere weisen bis Mitte des Jahres 1906 bereits 601 Nummern auf. Die provisorischen Bezeichnungen mit dem Entdeckungsjahr und doppelten lateinischen großen Buchstaben lassen auch nur noch wenig Spielraum für Neuentdeckungen. Jene zehn Planeten des 4. April tragen die Bezeichnungen 1906 *YM* bis *YV*; am 5. April wurde noch *YW* und *YX* entdeckt. Mit *YY*, *YZ* und den 25 Doppelbuchstaben *ZA* bis *ZZ* können noch 27 weitere Planetoiden belegt werden, dann ist aber das Doppelalphabet zu Ende, und es wird wohl nichts übrig bleiben, als von vorne mit *AA* zu beginnen. Da stets das Entdeckungsjahr hinzugesetzt wird, so sind Ver-

wechselungen dieser neu zu beginnenden Doppelreihe mit der augenblicklich noch laufenden nicht zu befürchten, es müßte denn sein, daß in einem Jahr künftig mehr wie 25 × 25 = 625 Asteroiden gefunden werden. Das scheint nach den neuesten Leistungen des Königstuhlreflektors nicht ausgeschlossen, da zehn Entdeckungen pro Tag 3600 im Jahre zeitigen würden. Indessen ist der Himmel nicht an jedem Abend, selbst auf dem günstig gelegenen Berge über Heidelberg klar, und jenes schöne Fernrohr wird nicht ausschließlich zur Planetenjagd benutzt, wie der nachfolgende Bericht zeigt. Wissenschaftliches Interesse beanspruchen nur die seltenen Mitglieder der Planetoiden, deren Bahnen sich aus dem Durchschnitt durch eine Eigentümlichkeit herausheben. So haben wir im vorigen Jahr über die Auffindung des Planeten *TG* durch Wolf berichtet, der den größeren Teil seiner Ellipse außerhalb der Jupiterbahn beschreibt, wo man nie einen Asteroiden vermutet hätte. Er hat inzwischen die Nummer 588, aber noch keinen Namen erhalten; dieser wird sehr schwer zu wählen sein, soll er der Eigenart des Asteroiden Rechnung tragen.

R.



Der Komet 1905 IV

ist am 21. März 1907 in der Helligkeit eines Sterns 13,8 Größe von Wolf mit seinem 28-zölligen Spiegel wieder aufgefunden worden. Auch dies bestätigt die hohe Leistungsfähigkeit des neuen, auf dem Königstuhl tätigen Instrumentes, die aus dem vorhergehenden Berichte über neue Asteroiden ebenfalls hervorgeht. Vor allem aber eröffnen sich für die Verfolgung der Kometen mit lichtstarken Spiegeln ganz neue Ausblicke zugleich bezüglich der Festlegung ihrer Bahnen. Gerade der vierte Komet des Jahres 1905 ist hierfür ein gutes Beispiel. Er passierte am 18. Oktober 1905 sein Perihel in dem ungewöhnlich großen Sonnenabstand von $3\,^1/_3$ Erdweiten, d. h. von $^1/_2$ Milliarde km, ein Abstand, der nur von einem Kometen des Jahres 1729 mit 4,05 Erdweiten übertroffen wurde. Der Komet wurde aber erst am 3. März 1906 aufgefunden, und zwar nicht durch einen der astronomischen Kometenjäger, sondern zufällig auf einer Platte der Königstuhlwarte, die zum Zwecke der Entdeckung von Asteroiden exponiert war.

Der Komet war sonach $^1/_2$ Jahr vor seiner Auffindung der Sonne näher gewesen wie zur Zeit der Entdeckung. Herr Ebell von der astronomischen Zentralstelle in Kiel berechnete seinen Lauf vor der Entdeckung und vor dem Periheldurchgang und fand, daß er auf dem

ersten Teile seiner parabolischen Bahn, wo er sich der Sonne noch näherte, lange Zeit ebenso günstig zur Erde gestanden hatte wie bei der Entdeckung. Die Berechnung einer Aufsuchungsephemeride hatte den Erfolg, daß Wolf bei der Revision alter Platten den Kometen auf einer solchen vom 14. Januar 1905 auffand, d. h. 277 Tage vor dem Periheldurchgang und 413 Tage vor seiner ersten Auffindung. Nach letzterer wurde der Komet einige Monate lang direkt an großen Fernrohren beobachtet; er war immer ein sehr lichtschwaches Objekt. Aber nachdem er auch diesen entschwunden war, hat Wolf ihn nun am 21. März 1907 mit dem starken Spiegel wieder gesucht und gefunden. Es liegen sonach Beobachtungen des Kometen aus drei verschiedenen Jahren vor, die letzte 383 Tage nach seiner Entdeckung, 796 Tage nach der ersten zufälligen Aufnahme mit dem Planetensucher des Königstuhls. Die Beobachtungsepoche ist damit aber noch nicht abgeschlossen, denn bereits liegt eine weitere Beobachtung von Wolfs Assistenten Kopff am 5. April 1907 vor, die die Sichtbarkeit auf 811 Tage erhöht.

Die Bedeutung solch weit auseinanderliegender Beobachtungen für die Berechnung der Kometenbahnen liegt auf der Hand. Bisher fanden wir meist strenge Parabeln für die nicht periodischen Kometen; denn das kurze Bahnstück in der Nähe des Perihels war eben so klein, daß eine von der parabolischen Bahn abweichende Krümmung, die eine Ellipse von sehr langer Umlaufszeit oder eine Hyperbel erwiesen hätte, sich nicht frei von der Unsicherheit der Beobachtungen herausrechnen ließ. Beim Kometen 1905 IV wird eine scharfe Entscheidung über die Bahnform schon eher möglich sein. Überhaupt dürfen wir hoffen, daß sich die Kometen mit großen Spiegeln ein Jahr länger photographisch verfolgen lassen, als es optisch mit Linsenfernrohren möglich ist. Und weiter dürfen wir hoffen, daß periodische Kometen, deren Rückkehr erwartet wird, eher aufgefunden werden von Reflektoren als von Kometensuchern. Hierfür ist der berühmte Halley'sche Komet ein geeignetes Prüfungsobjekt. Am 16. Mai 1910 soll er nach Pontécoulant seine Sonnennähe passieren. Ende 1909 wird er sicher von den Refraktoren erblickt werden; man darf aber kaum zweifeln, daß er bereits Ende 1908 photographisch entdeckt wird. Oder sollte dies bereits bei besonders langer Belichtung auf den empfindlichsten Platten einem Jünger der Urania Ende 1907 glücken, wo die Erde sich auf dem für eine so frühe Entdeckung günstigsten Punkte ihrer Jahresreise befindet.

R.



Über das „Kriechen" der Elektrizität längs feuchter Glasoberflächen.

Das Kriechen der Elektrizität über die Feuchtigkeitshaut auf den Oberflächen von Isolatoren ist eine wohlbekannte — oftmals sehr störende — Erscheinung. Weniger bekannt dürfte das eigentümliche Verhalten des Widerstandes sein, den diese Feuchtigkeitsschicht, je nach den herrschenden Bedingungen, der Elektrizitätsströmung entgegensetzt. Dieses Verhalten haben die Herren Fred. T. Trouton und C. Searle zum Gegenstand gründlicher Untersuchungen gemacht, über deren Ergebnisse sie im Philosophical Magazine [(6) **12**, 336 bis 347, 1906] berichten. Dieser Veröffentlichung entnehmen wir die folgenden Mitteilungen.

Zunächst seien einige allgemeine Bemerkungen über die in Rede stehende Erscheinung gemacht. Der Widerstand gegen die Elektrizitätsströmung längs einer und derselben Isolatoroberfläche ist nicht nur abhängig vom jeweiligen Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre, sondern er ist unter sonst gleichen Verhältnissen zuweilen auch noch je nach der Stromrichtung verschieden. Es wurden Fälle beobachtet, bei denen der Widerstand in der einen Richtung etwa fünf bis siebenmal so groß war wie in der entgegengesetzten. Diese Verschiedenheit war je nach der Vorgeschichte mehr oder minder stark ausgeprägt; das Verhältnis zwischen den beiden in verschiedener Richtung fließenden Strömen erweist sich abhängig von der Dauer der Strömung in der ersten Richtung. Eine elektromotorische Gegenkraft kann für diese Erscheinung nicht verantwortlich gemacht werden.

Die beschriebenen Unterschiede wurden zuerst zwischen Platinelektroden beobachtet, die auf Glasplatten aufgeschmolzen waren. Bei ihren Versuchen benutzten die Herren Trouton und Searle Stanniolelektroden. Diese waren in der Weise hergestellt, daß ein Stanniolblatt auf eine etwa 30 cm im Geviert messende Glasplatte mit Schellack aufgeklebt wurde. Aus dieser Stanniolbelegung wurde dann ein mäanderartiger Streifen weggeschnitten, so daß eine aus zwei ineinanderfassenden kammartigen Teilen gebildete Roste entstand, ähnlich etwa wie auf der Franklinschen Tafel. Diese Roste wurde nun mit einem Galvanometer in Reihe in den Stromkreis einer Elektrizitätsquelle von etwa 100 Volt Spannung eingeschaltet. Aus den Angaben des Galvanometers konnten dann die Stromstärke bzw. der Widerstand berechnet werden.

Das eingangs skizzierte auffallende Verhalten derartiger Widerstände kann auf Grund verschiedener Hypothesen erklärt werden. Einmal kann man annehmen, daß die Stromleitung durch die Feuchtigkeitshaut der Glasoberfläche erfolgt, in welcher vielleicht aus dem Glase selbst

stammende Salze gelöst sein könnten; dann wird zu Beginn des Stromdurchganges die Feuchtigkeitsschicht überall die gleiche Dicke haben. Sobald der Strom fließt, würde vielleicht eine Art elektrischer Endosmose eintreten und dadurch eine Anhäufung des Wassers an einem Pole, eine Verminderung am anderen erfolgen, und somit der Widerstand infolge des ungleichmäßigen Leiterquerschnittes wachsen. Wenn nun die Stromrichtung umgekehrt wird, findet auch eine Bewegung des Wassers im entgegengesetzten Sinne statt, der Widerstand wird also zunächst abnehmen, um später wieder anzusteigen.

Nach der anderen Hypothese würde es sich um das Auftreten einer elektrolytischen Wirkung handeln, bei welcher eine hinreichend große Menge Sauerstoff frei werden würde, um — wenigstens beim Stanniol — einen Oxydüberzug der Elektroden hervorzurufen. Die Folge eines solchen Oxydüberzuges wäre dann eine Vermehrung des Widerstandes. Bei Umkehrung der Stromrichtung würde durch entwickelten Wasserstoff das Oxyd wieder reduziert und somit der Widerstand verringert werden. Schwierig zu erklären bliebe bei dieser Hypothese nur die große Geschwindigkeit, mit der diese Reduktion erfolgen müßte.

Um, wenn irgend möglich, zwischen diesen beiden Hypothesen zu entscheiden, stellten die Herren Trouton und Searle sich folgende Fragen:

Wie verläuft die zeitliche Abnahme des Gleichstromes?

In welchem Zusammenhang steht der Anfangswert der Stromstärke mit dem Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft?

Inwieweit hat überhaupt das Ohmsche Gesetz für Ströme, die in irgend einer Richtung über die Oberfläche verlaufen, Gültigkeit? —

Die Ergebnisse der zur Beantwortung der ersten Frage angestellten Versuche sprechen durchaus zu Gunsten der zweiten Hypothese. Der beobachtete zeitliche Verlauf der Stromstärke stimmt sehr gut mit dem auf Grund der Annahme eines elektrolytischen Vorganges berechneten überein.

Zur Prüfung der zweiten Frage wurde die Roste in einen luftdicht schließenden Behälter gebracht, in welchem ein beliebiger, genau bestimmbarer Feuchtigkeitsgehalt der Luft hergestellt werden konnte. Ein einfacher Zusammenhang zwischen der Stromstärke bzw. dem Widerstand einerseits und der Luftfeuchtigkeit andererseits war nicht festzustellen. Die Herren versuchten nun, ein etwaiges Wandern der Feuchtigkeit, wie solches von der ersten Hypothese verlangt wird, sichtbar zu machen. Es war aber weder eine Änderung des Polarisationswinkels des Lichtes nachweisbar, wie sie durch die Veränderung der Schichtdicke des Feuchtigkeitsüberzuges hätte eintreten müssen, noch eine Verschiebung der Interferenzstreifen zwischen zwei Lichtstrahlen, von denen der eine durch die Feuchtigkeitsschicht, der andere dicht an ihr vorbei ging. —

Das Verhalten des Widerstandes bei verschiedener Luftfeuchtigkeit spricht also zum mindesten nicht zu Gunsten der ersten Hypothese.

Versuche über die Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes zeigten zunächst, daß eine elektromotorische Gegenkraft jedenfalls nicht besteht. Sie zeigten aber weiter, daß für größere elektromotorische Kräfte — die angewandten schwankten von 50 bis zu 400 Volt — die Stromstärke schneller zunimmt, als es nach dem Ohmschen Gesetz der Fall sein müßte, daß also das Ohmsche Gesetz hier keine Gültigkeit besitzt. Diese Verringerung des Widerstandes bei höheren Spannungen kann verschiedene Gründe haben: Besteht, wie es die zweite Hypothese will, der Widerstand hauptsächlich in einer Oxydschicht auf dem Metall, so könnte durch die entstehende größere Stromwärme bei größerer Stromstärke dieser Widerstand verhältnismäßig leichter verringert werden. Zweitens könnte durch stärkere Ströme auch eine stärkere Osmose der Flüssigkeit eintreten; die Flüssigkeit würde dann die Oxydschicht mehr bedecken und dem Stromübergang eine größere Fläche darbieten. Endlich könnten winzige, funkenartige Entladungen an der Oxydschicht auftreten, die bei höheren Spannungen ausgeprägter wären, und die sich der eigentlichen Strömung überlagern und so eine Abnahme des Widerstandes vortäuschen würden. Solche Funkenentladungen haben die genannten Forscher an ihrer Roste bei sehr feuchter Atmosphäre tatsächlich bereits bei einer Spannungsdifferenz von 100 Volt beobachtet, ein Umstand, der vielleicht auch anderweit bei der Anlage von Sicherungsvorrichtungen Beachtung verdienen dürfte.

Der Umstand, daß der Widerstand einer solchen Roste bei kleinen Änderungen des Feuchtigkeitsgehaltes der Umgebung stark schwankt, veranlaßt die Herren Trouton und Searle, die Anwendbarkeit einer derartigen Roste für hygrometrische Messungen in Erwägung zu ziehen. —

Man darf auf den Ausgang der weiteren Untersuchung, die die genannten Forscher über diesen Gegenstand anzustellen beabsichtigen, sehr gespannt sein.

Mi.





Kurt Lampert. Großschmetterlinge und Raupen Mitteleuropas. Vollständig in 30 Lieferungen, enthaltend 200 Seiten Text mit 65 Abbildungen und 95 Farbendrucktafeln mit mehr als 2000 Abbildungen. Eßlingen und München. Verlag von J. F. Schreiber. 1906—07. Gesamtpreis Mk. 22,50.

Bisher liegen mir fünf Lieferungen des Werkes vor, das sicherlich in allen Kreisen des Schmetterlinge sammelnden Publikums, doch auch bei allen Zoologen auf eine freudige Aufnahme rechnen darf. Naturgemäß liegt das Schwergewicht eines derartigen Buches in seinen Illustrationen, und da muß ich sagen, daß mir kein zweites ähnliches Werk bekannt ist, das gerade darin so Vorzügliches bietet. Namentlich die Bildertafeln sind von einer Farbenpracht und intimen Feinheit der Zeichnung, daß sie einem den unmittelbaren Eindruck des Lebens vermitteln. Es ist ein ästhetischer Genuß, die einzelnen Blätter zu betrachten. Als besonders gelungen seien vor allem hervorgehoben die Tafeln Temperaturaberrationen bei Tagpfauenaugen, Füchsen und Trauermanteln, und ferner durch Raupen von Kleinschmetterlingen minierte Blätter.

Daß auch der Text wissenschaftlich in jeder Weise einwandfrei und anregend ist, bedarf bei dem Namen des Verfassers keiner besonderen Betonung. Als einen wesentlichen Vorzug betrachte ich es auch, daß neben der Systematik die Morphologie, Entwickelungsgeschichte und Biologie zu ihrem Rechte kommt. Alles in allem, wenn man nach den bisher vorliegenden Lieferungen auf das Ganze schließen darf, ein vorzügliches Werk, dem man eine weite Verbreitung wünschen kann. C. Thesing.

Verzeichnis der der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.
(Schluß.)

Meißner, Otto. Die meteorologischen Elemente und ihre Beobachtung, mit Ausblicken auf Witterungskunde und Klimalehre. Unterlagen für schulgemäße Behandlung sowie zum Selbstunterricht. Mit 33 Textabbildungen, Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Metze, O. Bau und Leben der Blüte. Eine Einführung in die Blütenbiologie. Mit 90 Abbildungen. Leipzig, H. Hillgers Verlag, 1906.

Migula, W. Exkursionsflora von Deutschland, Band I u. II, mit zusammen 100 Figuren (Sammlung Göschen), Leipzig, Göschenscher Verlag, 1906.

Pahde, A. Erdkunde für höhere Lehranstalten, III. Teil: Mittelstufe, zweites Stück. Mit 8 Vollbildern und 6 Abbildungen im Text. Zweite, durchgesehene und verbesserte Auflage. Glogau, Carl Flemmings Verlag, 1906.

Pernter, J. N. Meteorologische Optik. Mit zahlreichen Textfiguren. III. Abschnitt: Seite 213—558. Wien, Wilh. Braumüller, 1906.

Peterson-Kinberg, W. Wie entstanden Weltall und Menschheit? Hat Gott die Welt aus dem Nichts geschaffen? Hatten die ersten Menschen, Adam und Eva, keine Vorfahren? Mit zahlreichen farbigen und schwarzen Tafeln, Karten, Beilagen und Textabbildungen. 16. bis 20. Tausend. Stuttgart, Strecker & Schröder, 1906.

Plaßmann, Jos. Die Fixsterne. Darstellung der wichtigsten Beobachtungs-Ergebnisse und Erklärungs-Versuche. Mit 5 Sternkarten und 4 Bildertafeln. (Sammlung Kösel) Kempten, Köselscher Verlag, 1906.

Pleus, B. Abels Untersuchungen über Schießbaumwolle. Nach den Originalabhandlungen in den Philosophical Transactions of the Royal Society of London in deutscher Bearbeitung. Erste Abteilung: Über die Fabrikation und die Zusammensetzung der Schießbaumwolle. Berlin, Friedländer & Sohn, 1907.

Pohle, J. Die Sternenwelten und ihre Bewohner, zugleich als erste Einführung in die moderne Astronomie. Fünfte, aufs neue verbesserte und ergänzte Auflage. Mit einer Karte, 4 farbigen und 12 schwarzen Tafeln sowie 31 Abbildungen im Text. Köln, J. P. Bachem, 1906.

Oppenheim, S. Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. Mit 24 Abbildungen im Text. Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Rasmussen, Knud. Neue Menschen. Ein Jahr bei den Nachbarn des Nordpols. Einzig autorisierte Übersetzung von Elsbeth Rohr. Mit fünf Zeichnungen von Graf Harald Moltke und einem Porträt. Bern, A. Francke, 1907.

Reinhard, Ludw. Vom Nebelfleck zum Menschen. Eine gemeinverständliche Entwicklungsgeschichte des Naturganzen nach den neuesten Forschungsergebnissen. Die Geschichte der Erde mit 194 Abbildungen im Text, 17 Vollbildern und 3 geologischen Profiltafeln. München, Ernst Reinhardt, 1907.

Rinne, F. Die geologischen Verhältnisse der deutschen Kalisalzlagerstätten. Gemeinverständlich dargelegt. Mit 27 Abbildungen. Vortrag in der Hannoverschen Handelskammer. Hannover, Max Janecke, 1906.

Schindler, Rob. Zur Sonnenfrage. Partialstudie der Solarphysik. Luzern, Selbstverlag, 1907.

Schoenichen, W. Die Natur. Eine Sammlung naturwissenschaftlicher Monographien. Erster Band. Aus der Wiege des Lebens. Eine Einführung in die Biologie der niederen Meerestiere. Mit 8 farbigen und einer schwarzen Tafel sowie zahlreichen Textabbildungen. Osterwieck, A. W. Zickfeldt, 1907.

Sedlaczek, E. Die Tonungsverfahren. (Encyklopädie der Photographie, Heft 54). Halle a. S., Wilh. Knapp, 1906.

Sommerfeld, Ernst. Physikalische Kristallographie vom Standpunkte der Strukturtheorie. Mit 122 Abbildungen im Text und auf eingehefteten Tafeln. Leipzig, Herm. Tauchnitz, 1907.

Stein, L. Die Anfänge der menschlichen Kultur. Einführung in die Soziologie. Leipzig, B. G. Teubner, 1906.

Stillich, Oskar. Steinkohlenindustrie. Nationalökonomische Forschungen auf dem Gebiete der großindustriellen Unternehmungen. Band II. Leipzig, Jäh & Schunke, 1906.

Struck, Ad. Makedonische Fahrten. I. Chalkidike. Mit 12 Abbildungen und 3 Kärtchen im Text und einer Routenkarte. (Zur Kunde der Balkanhalbinsel. Reisen und Beobachtungen. Herausgegeben von Dr. Carl Patsch, Sarajevo. Heft 4). Leipzig, A. Hartlebens Verlag, 1907.

Toula, Franz. Lehrbuch der Geologie. Ein Leitfaden für Studierende. Zweite Auflage. Mit einem Titelbilde, 452 Abbildungen im Texte, einem Atlas von 30 Tafeln (mit ca. 600 Figuren) und zwei geologischen Karten. Wien, Alfred Hölder, 1906.

Vogel, H. W. Photochemie und Beschreibung der photographischen Chemikalien (Handbuch der Photographie I). Fünfte veränderte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Dr. Ernst König. Mit 17 Figuren im Text und 8 Tafeln. Berlin, Gustav Schmidt (Rob. Oppenheim), 1906.

Vogel, E. Taschenbuch der praktischen Photographie. Ein Leitfaden für Anfänger und Fortgeschrittene. Fünfzehnte und sechzehnte Auflage. 51.—58. Tausend. Mit 127 Abbildungen, 15 Tafeln und 24 Bildvorlagen. Berlin, Gustav Schmidt, 1906.

Voges, E. Der Obstbau. Mit 13 Abbildungen im Text. Leipzig, B. G. Teubner, 1906, (Aus Natur und Geisteswelt. 107. Bändchen.)

Wasmann, S. J. E. Der biologische Unterricht an den höheren Schulen. Köln, J. P. Bachem, 1906.

v. Wettstein, R. Leitfaden der Botanik für die oberen Klassen der Mittelschulen. Mit drei Farbendrucktafeln und 1005 Figuren in 205 Textabbildungen. Dritte, veränderte und vermehrte Auflage. Wien, F. Tempsky, 1907.

Auerbach, F. Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Zweite Auflage. Mit 79 Figuren im Text. (Aus Natur und Geisteswelt, 40. Bändchen.) B. G. Teubner, Leipzig, 1906.

Bölsche. Wilhelm. Was ist die Natur? Berlin, Georg Bondi, 1907.

Döring, Ernst. Die mathematisch richtige Erklärung der Entstehung und Vererbung der Geschlechter. Bohlitz-Ehrenberg, Selbstverlag, 1907.

Driesmans, H. Der Mensch der Urzeit. Kunde über Lebensweise, Sprache und Kultur des vorgeschichtlichen Menschen in Europa und Asien. Mit ausführlichem Namen- und Sachregister für das ganze Gebiet der Urgeschichte und zahlreichen farbigen Tafeln und Textabbildungen. 1. bis 15. Tausend. Stuttgart, Strecker & Schröder, 1907.

Dessauer, Fr. und Franze, P. C. Die Physik im Dienste der Medizin mit besonderer Berücksichtigung der Strahlungen. (Sammlung Kösel.) Kempten, Köselscher Verlag, 1906.

Weitbrecht, W. Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Mit 15 Figuren und 2 Tafeln. (Sammlung Göschen.) Leipzig, Göschenscher Verlag, 1906.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H. Zossen—Berlin SW. 68.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Flüssige Kristalle
und scheinbare Übergänge zu niedrigsten Lebewesen.

Von **Prof. Dr. O. Lehmann** in Karlsruhe.

Man belaste eine vertikalhängende messingene Spiralfeder mit einem kleinen Gewicht. Sie verlängert sich etwas, kehrt aber beim Abnehmen des Gewichts wieder in die ursprüngliche Form zurück: die Dehnung war eine elastische. Steigert man die Belastung immer mehr, so tritt von einem bestimmten Punkte, der „Elastizitätsgrenze“, an bleibende Dehnung auf, die um so größer ausfällt, je länger die Belastung dauerte und je mehr die Elastizitätsgrenze überschritten wurde, gleich wie eine hohlliegende Siegellackstange im Sommer sich mit der Zeit durch den Druck ihres eigenen Gewichts immer mehr durchbiegt, gewissermaßen in die Vertiefung, welche sie überbrückt, hinabfließt. Schließlich wird die „Elastizitätsgrenze“ erreicht, der Punkt, bei welchem die Belastung die Kohäsion übersteigt, so daß die zu einem geraden Draht ausgestreckte Feder abreißt.

Würde man denselben Versuch mit einer Feder aus Glas anstellen, so würde sie abreißen, ehe die Elastizitätsgrenze erreicht ist. Es läßt sich somit kein „Fließen“ unter dem Einfluß der ziehenden Kraft beobachten; das Glas ist, wie man sagt, ein „spröder“ Körper.

Die Kristalle, welche als Schaustücke in mineralogischen und chemischen Sammlungen unsere Bewunderung erwecken, die glitzernden Drüsen von Kandiszucker, die strahlenden Diamanten und alle die vielen anderen Beispiele, nach welchen sich unsere Vorstellungen von dem Wesen eines Kristalles zu bilden pflegen, sind ebenfalls spröde Körper,

wenn auch einige darunter so weich sind, daß sie schon unter dem Druck der Finger zerbrechen und in ein Pulver aus winzigen Fragmenten zermalmt werden. Nur ein kristallisierter Stoff, derjenige, von dessen griechischer Bezeichnung sich das Wort Kristall ableitet, das Eis, scheint, wenigstens in großen Massen, in Form der Gletscher, die Fähigkeit zu haben, bergab zu fließen. Doch die Physik glaubt den wahren Grund der Gletscherbewegung in der „Regelation" (Verflüssigung unter Druck und Wiedererstarren beim Nachlassen desselben) sehen zu müssen, so daß auch das Eis in Wirklichkeit als durchaus spröder Körper zu betrachten wäre.

Sollte es ein Zufall sein, daß kein einziger Kristall wahre Elastizität besitzt, wirklich fließen kann, oder liegt der Grund im Wesen des kristallinischen Zustandes? Die bis in die neueste Zeit herrschende Ansicht war, es sei geradezu selbstverständlich, daß Kristalle nicht fließen könnten. Die Anisotropie der Kristalle, die Übereinstimmung ihrer Symmetrieverhältnisse mit denjenigen regelmäßiger Punktsysteme, die Art ihrer Bildung, kurz ihr ganzes Verhalten ist nur zu verstehen unter der Annahme, sie seien regelmäßige Molekularaggregate (im Gegensatz zu den amorphen Körpern). Die Tatsache, daß viele Körper, wie Schwefel, Quecksilberjodid u. a., in zwei oder mehr polymorphen (verschieden kristallisierenden, verschieden gefärbten) Modifikationen auftreten, schien weiter ein direkter Beweis dafür, daß die Art der Aggregation der Moleküle, das „Raumgitter", zu welchem sie sich zusammenfügen, die Eigenschaften des Stoffs bedingt. „Fließen" würde Zusammenbruch des Raumgitters bedeuten, somit Änderung aller Eigenschaften. Solche war aber auch in den wenigen Fällen scheinbar plastischer Kristalle, wie Eis, nicht zu beobachten; es konnte sich also dabei nur um Zertrümmerung und Wiederverschweißung der Trümmer handeln unter Erhaltung des Raumgitters jedes einzelnen Splitters.

Als ich daher vor längerer Zeit auf Grund eigener Experimentaluntersuchungen zu behaupten wagte, ein Kristall müsse nicht notwendig ein starrer Körper sein, es fänden sich in Wirklichkeit sogar Kristalle, die so leicht flössen wie Wasser, die somit zu den Flüssigkeiten zu zählen wären, traf ich auf entschiedenen Widerspruch. Und als ich gar die Behauptung noch dahin erweiterte, manche dieser Kristalle zeigten die Fähigkeit, sich zu bewegen, zu kopulieren und zu teilen, ähnlich wie niedrigste Lebewesen, verschärfte sich naturgemäß der Widerspruch noch beträchtlich; denn, sagte man: Kristalle sind doch geradezu der Typus des Toten, das Gegenteil des Lebendigen und Beweglichen. Leben kann nur in weichen, halbflüssigen Stoffen wohnen, vor allem aber ist ein Lebewesen ein Ganzes, ein Individuum mit einer Art Zentrum, von welchem verschiedene Organe ausstrahlen; beim Kristall

dagegen ist jede Stelle jeder andern gleichwertig, er zerfällt, wenn wir ihn mit dem Hammer zerschlagen, in Bruchstücke, deren jedes, in übersättigte Mutterlauge gebracht, wieder vollständig zur Form des ganzen Kristalls ausheilt!

Wenden wir uns zunächst der Frage zu:

Gibt es flüssige Kristalle?

Diese Frage ist nicht von selbst aufgetaucht; die Ergebnisse der gewöhnlichen kristallographischen, physikalischen und chemischen Forschungen leiteten, wie bemerkt, nicht zu der Idee, es könnte auch Kristalle von flüssigem Aggregatzustand geben. Ich wurde vielmehr zu derselben geleitet durch Konstruktion des „Kristallisationsmikroskops"*), welches gewissermaßen eine neue Welt erschloß infolge der nun gebotenen Möglichkeit der Beobachtung der einzelnen Kristallindividuen bei physikalischen und chemischen Prozessen, deren Existenz infolge ihrer Kleinheit der makroskopischen Beobachtung sich entzieht, und vor allem durch die Möglichkeit, mit sehr geringen Substanzmengen und mit sehr geringem Aufwand von Zeit und Geld große Untersuchungsreihen durchzuführen. Die Auffindung der Umwandlungstemperaturen des Ammoniumnitrats, der Bildung von Mischkristallen nicht isomorpher Stoffe, der Vorgänge beim Stromdurchgang durch Kristalle usw. sind bekannte Ergebnisse der Anwendung des Kristallisationsmikroskops, welche auf die Entwickelung der physikalischen Chemie von wesentlichem Einfluß waren, obschon das Instrument in chemischen Laboratorien, wo es durch Auffindung neuer isomerer und polymorpher Modifikationen, Feststellung der Identität oder Verschiedenheit zweier Präparate usw. großen Nutzen gewähren könnte, bis in die neueste Zeit fast ganz unbekannt geblieben ist, da die Chemiker kristallographische Untersuchungen den Mineralogen zu überlassen pflegen.

Im Jahre 1876 stieß ich bei Beobachtung mittels dieses Kristallisationsmikroskops auf Gebilde, die sich den dargelegten Anschauungen über das Wesen der Kristalle gar nicht fügen wollten. Es waren die in Form salmiakähnlicher Skelette (Fig. 1) auftretenden Kristalle der oberhalb

*) Die älteren Formen findet man beschrieben in meinem Buche „Molecularphysik" Bd. I, Leipzig, W. Engelmann, 1898. Neuere Formen werden geliefert von den Firmen Voigt u. Hochgesang (R. Brunnée) in Göttingen (einfache Instrumente für subjektive Beobachtung) und C. Zeiß in Jena (vollkommene, zugleich für Projektion und Photographie [auch kinematographische Aufnahme] und zwar während der subjektiven Beobachtung dienliche Instrumente). Anleitung zum Gebrauch gibt mein Buch „Die flüssigen Kristalle", Leipzig, W. Engelmann, 1904 und die Schrift „Die scheinbar lebenden Kristalle", Eßlingen a. N., J. F. Schreiber 1907.

146° beständigen, damals für zähflüssig gehaltenen, in Wirklichkeit regulären Modifikation des Jodsilbers.

Die Kristalle, welche etwa die Konsistenz von weichem Wachs besitzen, ließen sich ganz wie solches kneten und in beliebige Form bringen, ohne dabei ihre Durchsichtigkeit oder ihr Vermögen weiter zu wachsen, einzubüßen. Von einer Änderung des Kristallsystems, der Farbe, des Schmelzpunkts oder anderer Eigenschaften war nicht das geringste zu bemerken; das Raumgitter der Moleküle konnte sich also nicht geändert haben — oder es mußte die Ansicht unzutreffend sein, Änderung des Raumgitters sei gleichbedeutend mit Übergang in eine polymorphe Modifikation. Vor allem konnte auch keine völlige Zerstörung der regelmäßigen Molekularanordnung vorliegen — oder es mußte die Ansicht fallen gelassen werden, amorphe Modifikationen seien lediglich unregelmäßige Molekularaggregate; denn solche haben keinen scharfen Schmelzpunkt,

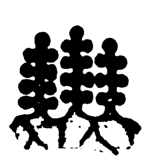



Fig. 1.

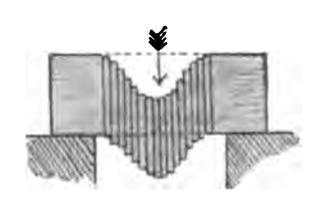


Fig. 2.

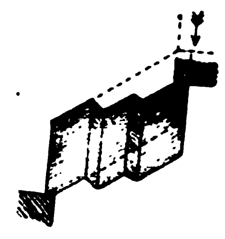


Fig. 3.

sondern erweichen oder erstarren allmählich, ähnlich wie Siegellack, während beliebig lange durchgeknetetes Jodsilber nicht die geringste Änderung seines Schmelzpunktes zeigt. Gleiches gilt für dessen Löslichkeit.

Allerdings gibt es zwei Möglichkeiten der Formänderung ohne Änderung der Eigenschaften. Die Untersuchungen von Reusch haben gelehrt, daß plastische Veränderung von Kristallen unter Druck stattfinden kann auf dem Wege der „Translation längs Gleitflächen“ d. h. durch Parallelverschiebung der Schichten (Fig. 2) und auf dem Wege der „künstlichen Zwillingsbildung“ (Fig. 3), wobei sich die Moleküle einzelner Schichten gewissermaßen um ein Scharnier mit Anschlag drehen. In beiden Fällen bleibt das Raumgitter erhalten, somit entfällt der Grund zur Änderung der Eigenschaften. Unmöglich kann man indes jede beliebige Deformation auf solche Weise erklären, und bei doppelbrechenden, biegsamen Kristallen, wie ich solche z. B. bei Ammoniumnitrat zu gleicher Zeit auffand, müßte sich notwendig die Erhaltung des Raumgitters durch Erhaltung der Auslöschungsrichtungen zwischen gekreuzten Nicols kundgeben, während in Wirklichkeit diese Richtungen stets der Verbiegung entsprechend sich ändern.

Die Untersuchungen führten also zunächst zu folgenden, von den bisherigen Ansichten abweichenden Ergebnissen:

1. Störung (Verbiegung) des Raumgitters der Moleküle ist bei manchen Kristallen möglich; dieselben fließen unter Anwendung von Druck.

2. Die Störung des Raumgitters bedingt keine Änderung der Eigenschaften des Kristalls, abgesehen von der Änderung der Auslöschungsrichtungen, welche der Änderung der Form entspricht.

3. Die Existenz polymorpher Modifikationen kann nicht einfach durch Aggregation der gleichen Moleküle zu verschiedenartigen Raumgittern erklärt werden; die Moleküle selbst müssen verschieden sein.

4. Ebensowenig kann der Unterschied des amorphen Zustandes vom kristallinischen einfach in unregelmäßiger Lagerung der Moleküle gesucht werden. Amorphe Körper können nicht auf mechanischem Wege aus kristallinischen erhalten werden, sondern nur durch Unterkühlung der Schmelze. Sie sind als unterkühlte Lösungen der festen Modifikationen in der flüssigen zu betrachten.

Zu gleichem Ergebnis war ich schon zuvor durch Untersuchung der „Umwandlungserscheinungen" bei polymorphen Modifikationen und Vergleich derselben mit den Dissoziationserscheinungen bei sogenannten lockeren chemischen Verbindungen (Molekularverbindungen) gelangt, sowie durch Untersuchung der „Entglasung" amorpher Stoffe und Vergleich mit der Kristallisation übersättigter Lösungen und überkühlter Schmelzen. Daß auch die Moleküle der sogenannten „drei Aggregatzustände eines Stoffes" verschieden sein müssen — in welcher Weise läßt sich zunächst nicht feststellen —, ergibt sich aus der Analogie der Umwandlungserscheinungen mit denjenigen der polymorphen Modifikationen. Damit ergibt sich weiter die Möglichkeit, z. B. von einer Lösung von Eis in Wasser und von einer Lösung von Wasser in Dampf zu sprechen, was nach der üblichen Auffassung der Identität der Moleküle in den drei Aggregatzuständen natürlich keinen Sinn hat, aber zu völlig befriedigender Deutung des Wesens der amorphen Körper führt und zur Erklärung der außerordentlich starken Änderung ihrer Eigenschaften mit der Temperatur, die auf Änderung des Gleichgewichtszustandes der mit einander gemischten Modifikationen zurückgeführt werden kann.

Die mikroskopische Untersuchung der regulären Jodsilberkristalle ist wegen der dazu nötigen hohen Temperaturen, die bis zum Erweichen der gläsernen Objektträger gehen und besondere Heiz- und Kühlvorrichtungen am Mikroskop erfordern, eine mißliche Sache, zumal da wegen der Isotropie die Prüfung der Polarisationserscheinungen entfällt.

Später (1889) fand ich in der von Fr. Reinitzer entdeckten trüben Schmelze des Cholesterylbenzoats ein Präparat, welches zwischen 145,5° und 178,5° ein Aggregat von (allerdings winzig kleinen) Kristallen ist, die so leicht fließen wie Olivenöl! Doch auch hier war die Untersuchung keineswegs leicht und gelang mir nur deshalb, weil ich durch langjährige Übung in Bestimmung von Kristallen unter dem Mikroskop durch Isolierung einzelner Individuen, durch Zusatz eines Lösungsmittels und unter Betrachtung derselben von allen Seiten unter geeigneter Bewegung der Flüssigkeit, durch welche sie zum Rollen gebracht wurden, beträchtliche Übung in solchen Arbeiten erlangt hatte. Dem minder Geübten mochte die Wiederholung der Versuche Schwierigkeiten bereiten, und so erklärt sich, daß ein in feinen physikalischen Untersuchungen wohl erfahrener Physiker (Quincke) die Richtigkeit der Ergebnisse direkt bestritt und auf Grund eigener Untersuchungen erklärte, die angeblichen fließenden Kristalle des Cholesterylbenzoats seien nur breiartige Gemenge; ganz ähnliche Erscheinungen ließen sich deshalb auch bei verschiedenen Arten Schmierseife beobachten. Doch die Prüfung des Einwandes ergab, daß die Übereinstimmung allerdings besteht, aber lediglich, weil auch die Schmierseife ein Aggregat fließender Kristalle ist! So führte gerade die Bekämpfung des neuen Begriffs zur Entdeckung eines zur Untersuchung ganz besonders geeigneten Stoffes.

Die Kristallisation der Schmierseife, speziell des ölsauren Ammoniak aus alkoholischer Lösung, vollzieht sich schon bei mäßiger Wärme und kann leicht mittels eines gewöhnlichen Polarisationsmikroskops ohne Heizvorrichtung beobachtet werden. Wohl sind die Kristallindividuen bei der Entstehung auch sehr klein, sie schwellen aber durch Zusammenfließen rasch zu so erheblicher Größe an, daß die geringe Vergrößerung des Mikroskops ausreicht.

Zusammenfließende Kristalle! Wer hätte in früherer Zeit, da ein Kristall noch als starres Molekularaggregat galt, solche für möglich gehalten! Das Ammoniumoleat, ein Stoff, den man sich ohne Umstände und Kosten durch Einleiten von Ammoniakgas in Ölsäure (zweckmäßig mit etwas Alkoholzusatz unter Beachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln) selbst herstellen kann, ermöglicht aber jedem, sich von der scheinbar unmöglichen Tatsache zu überzeugen, daß zwei Kristalle zu einem einheitlichen Individuum zusammenfließen können, wie zwei Flüssigkeitstropfen, wenn sie nur genügende Weichheit besitzen. Die Figuren 4a—e suchen den Vorgang zu verdeutlichen. Die Kristalle sind optisch einachsig und haben die Form sehr steiler Pyramiden mit gerundeten Kanten und nahezu kreisförmigem Querschnitt, so daß man ihr System als das hexagonale betrachten kann. Kommen zwei solche Kristalle, wie die Figur 4a an-

deutet, an einem Punkte in Berührung, so beginnt dort alsbald das Zusammenfließen, vorausgesetzt, daß sie nicht gerade in Zwillingsstellung, d. h. unter einen Winkel von 90°, zusammengetroffen sind. In letzterem Fall bleiben sie einfach aneinander haften, während bei schräger Stellung (wie in der Figur) das Zusammenfließen, von dem Treffpunkt beginnend, sich immer weiter fortsetzt, wie für einige Stadien gezeichnet ist, bis schließlich aus den beiden getrennten Pyramiden eine entsprechend dickere, aber nicht minder einheitliche einzige Pyramide entstanden ist (Fig. 4e). Sowohl infolge des Wachstums wie durch die unvermeidlichen Strömungen der Flüssigkeit kommen immer neue Kristalle in Berührung und verschmelzen miteinander, wobei sie sich gleichzeitig, was in der Figur nicht angedeutet ist, parallel zu richten suchen. Hierdurch kommt scheinbares Leben in die Masse; man beobachtet ein äußerst lebhaftes

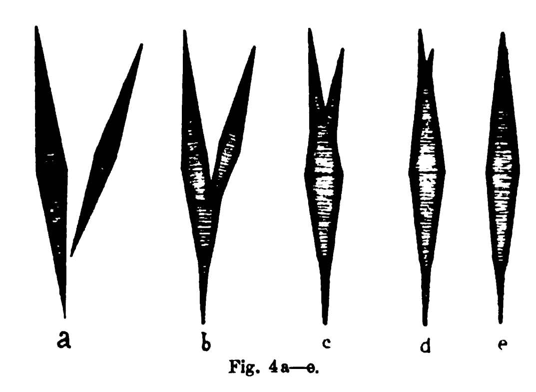


Fig. 4a—e.

Gewimmel der Kristalle, welches etwa an das Gewimmel in einem Ameisenhaufen erinnert.

Die außerordentliche Weichheit der Kristalle tritt auch dann zutage, wenn man die Flüssigkeit etwa durch schaukelnde Bewegung des mit aufgebogenem Rand versehenen runden (uhrglasförmigen) Deckglases in Strömung versetzt. Die Kristalle fließen um Hindernisse ebenso leicht herum wie die Flüssigkeit selbst und können (lediglich durch die Strömung) zu langen Bändern ausgezogen werden.

Man könnte vermuten, daß bei so eingreifender Störung des Raumgitters schließlich keine bestimmte Struktur mehr vorhanden wäre, die Kristalle also zwischen gekreuzten Nicols dunkel bleiben müßten. In Wirklichkeit werden sie beim Drehen in gleicher Weise wie normale Kristalle viermal hell und dunkel; auch der durch die Polarisationsfarben zum Ausdruck kommende Gangunterschied der Strahlen ist nicht geändert, nur die Richtung der Auslöschungen. Diese entspricht der Richtung des Fließens, eine bisher nicht bekannte Eigenschaft der Kristalle,

welche ich auch bei weichen festen Kristallen konstatieren konnte, ich nannte sie „erzwungene Homöotropie". Eine anschauliche Vorstellung ihrer Ursache kann man sich bilden, indem man sich die Moleküle etwa als feine Nädelchen denkt, welche in einer klebrigen Flüssigkeit wie Honig oder flüssigem Gummi suspendiert sind. Versetzt man diese durch Umrühren mit einem Spatel in Strömung, so ordnen sich die Nädelchen alle parallel der Strömungsrichtung; es bildet sich sogenannte „Fluidalstruktur" aus. Ähnlich verhalten sich feine Blättchen, z. B. Bronzepulver, in Firnis, wie man an dem Schillern der parallel gestellten Blättchen deutlich sehen kann. Ein solches mit Blättchen durchsetztes Magma ist sogar ein weit besseres Modell der bei Ammoniumoleat zu beobachtenden Erscheinungen als der Brei aus Nädelchen. Preßt man nämlich den Blättchenbrei zwischen zwei Glastafeln oder schiebt diese längere Zeit über einander hin und her, so ordnen sich die Blättchen parallel den Glas-

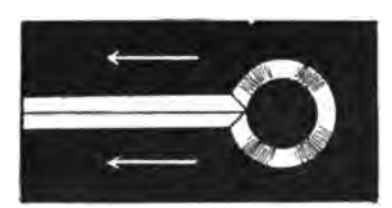


Fig. 5.

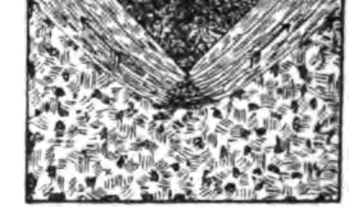


Fig. 5a.

flächen. Ganz ebenso verhält sich das Ammoniumoleat; es wird zwischen gekreuzten Nicols dunkel, wie wenn es aus optisch einachsigen Blättchen bestände, deren optische Achse zur Fläche senkrecht steht. Strömt aber diese „pseudoisotrope" Masse an einem Hindernis vorbei, z. B. einer Luftblase, so stellen sich die Blättchen hochkant und erzeugen Streifen, die, falls ihre Richtung nicht zufällig den Nicoldiagonalen parallel ist, hell auf dunklem Grunde erscheinen (Fig. 5) und „ölige Streifen" genannt werden, da sie, im natürlichen Licht betrachtet, scheinbar aus einer fremdartigen, öligen Flüssigkeit gebildet sind. Wenn man in eine zwischen Objektträger und gewöhnlichem flachen Deckglas enthaltene Masse von Ammoniumoleat, welche zwischen gekreuzten Nicols der verschiedenen Orientierung der einzelnen Individuen entsprechend gesprenkelt erscheint, von der Seite her eine Ecke eines Deckgläschens einschiebt, wird sofort in der Nähe desselben die Struktur einheitlich, wie Fig. 5a andeutet, da die Masse den beiden Kanten entlang abströmt und die Moleküle sich diesen Fließrichtungen parallel ordnen.

Der Versuch entspricht dem Eintreiben eines Meißels in eine weich-

kristallinische Masse, etwa in ein Metall, und man kann hiernach verstehen, daß der Effekt hier ein erheblich anderer ist als beim Eintreiben des Werkzeuges in eine nicht kristallinische (isotrope) Masse. Der Stoff ändert infolge der Homöotropie in der Nähe des Meißels seine Eigen-

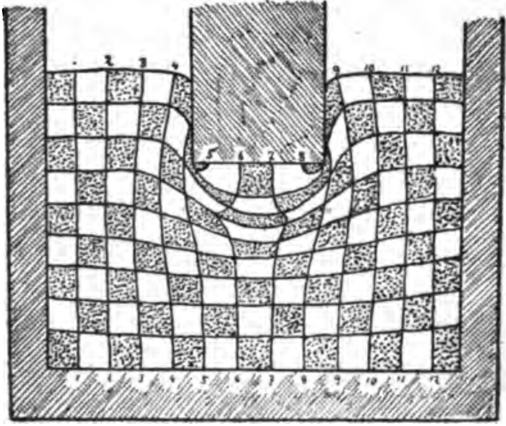


Fig. 5b.

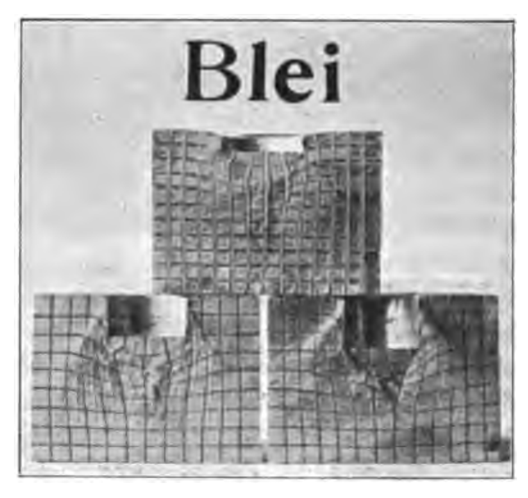


Fig. 5c.

schaften, wird annähernd einheitlich anisotrop und kann nicht mehr wie in der ursprünglichen Form (wegen der verschiedenen Orientierung der kleinen Kriställchen) als isotrop betrachtet werden. Man erkennt diesen Einfluß deutlich bei den Fig. 5b und c, welche den Effekt des Eintreibens eines Stempels in eine zylindrische Bleimasse darstellen. Diese war, um Ausweichen zu verhindern, von einem eng anschließenden

Eisenzylinder umgeben und bestand aus zwei vertikal aneinanderliegenden Hälften, denen auf ebener Fläche ein quadratisches Netz eingraviert war. Die Figuren zeigen die Verzerrung des letzteren infolge des Fließens. In der Nähe des Stempels findet sich eine auffallende Anomalie, die Wirkung der Homöotropie; die Masse ist dort leichter geflossen, wie wenn sie durch den Druck weicher geworden wäre, weil durch die Homöotropie Elastizitätsgrenze und innere Reibung vermindert wurden. Das genauere Studium dieser Wirkungen der Homöotropie wird vermutlich für die mechanische Technologie von Wert werden.*)

Wird reines Ammoniumoleat einfach zwischen Deckglas und Objektträger stark gepreßt (unter Hin- und Herschieben des ersteren), so entsteht im allgemeinen eine zwischen gekreuzten Nicols dunkel erscheinende pseudoisotrope Masse, durchzogen von einem Netzwerk „öliger Streifen"

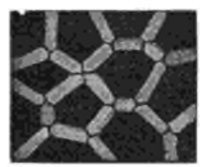


Fig. 6.

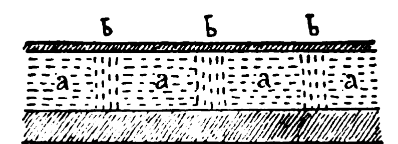


Fig. 7.

(Fig. 6 und 7). Ist ein Lösungsmittel vorhanden, welches die direkte Berührung mit dem Glas hindert, so entstehen Bänder (Fig. 8) oder Häute mit nahezu einheitlicher Auslöschung. Letztere reißen aber bald da und dort auf, d. h. sie erhalten Löcher und nehmen somit netzartige Form an (Fig. 9). Daß diese netzartigen und die pseudoisotropen Massen identisch sind, kann man leicht erkennen, da wo beide aneinander grenzen, wenn man etwas erwärmt und wieder abkühlen läßt. Beide Massen lösen sich dann auf und scheiden sich beim Abkühlen wieder in den beschriebenen steil-pyramidalen, leicht beweglichen, zusammenfließenden Kristallen aus.

Leider ist die Ausführung der Versuchs infolge der leichten Veränderlichkeit der Masse und der Existenz verschiedenartiger Modifikationen und Verbindungsarten von Ölsäure und Ammoniak doch nicht ganz so einfach, wie man glauben könnte, und mit einiger Sicherheit erhält man nur dann die richtige Verbindung, wenn man gleichzeitig Trimethylaminoleat in die Lösung bringt, welches mit dem Ammoniumoleat Mischkristalle bildet. Ein sehr viel schöneres Objekt fand ich später in dem Para-

*) Siehe auch O. Lehmann, physikal. Zeitschr. 8, 386, 1907.

azoxybenzoesäureäthylester, dessen fließend-kristallinische Modifikation von Prof. Vorländer in Halle, entdeckt wurde. Während die fließenden Kristalle des Ammoniumoleats, weil sie fast gleichen Brechungsindex wie die Lösung besitzen, ohne weiteres kaum sichtbar sind und erst bei intensiver Färbung des Lösungsmittels oder besser im polarisierten Lichte zwischen gekreuzten Nicols deutlich hervortreten, sind die fließenden Kristalle des Paraazoxybenzoesäureäthylesters, wenn man sie aus der heißen Lösung in einer Spur Xylol sich ausscheiden läßt, ohne weiteres in natürlichem Licht bei mäßiger, etwa 100facher Vergrößerung sehr schön sichtbar. Wesentlich ist nur, daß die Substanz durchaus rein ist, da fremde Zusätze die Größe der Individuen und deren regelmäßige

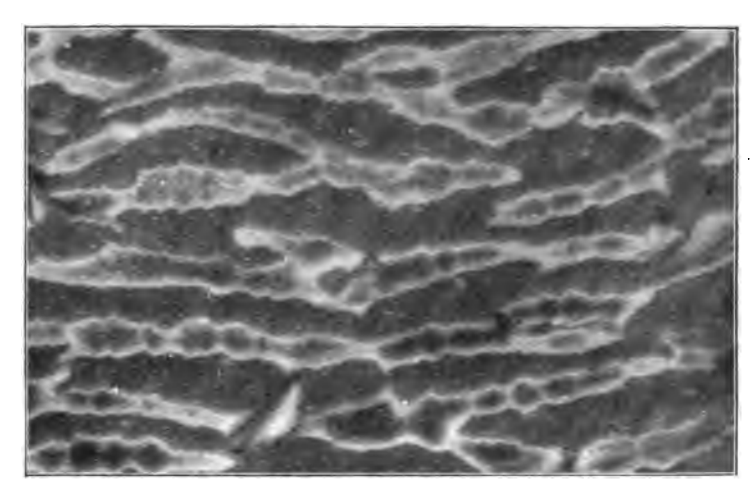


Fig. 8.

Ausbildung (es sind einachsige Prismen) sehr stark beeinträchtigen können. Die Kraft, mit welcher sich zwei Individuen beim Zusammentreffen parallel richten, (Fig. 10a, b) ist so beträchtlich, daß sich die Vereinigung mit blitzartiger Geschwindigkeit vollzieht und das Auge den mannigfaltigen Bewegungen nicht zu folgen vermag. Die Kristalle scheinen in einem lebhaften Kampfe begriffen zu sein, wobei die kleineren, schwächeren Individuen, von den größeren stärkeren, ohne weiteres verschlungen werden. Das Einfließen eines kleinen Kristalls in die Mitte eines großen erzeugt eine um die Achse symmetrische Anschwellung (Fig. 10c, d), und wenn sich der Vorgang an verschiedenen Stellen wiederholt, entstehen puppenartige Gebilde, deren possierliche Bewegungen einen sehr belustigenden Anblick gewähren. Im polarisierten Licht erscheinen sie, besonders wenn Paraazophenetol als Lösungsmittel benutzt

wird, je nach ihrer Stellung infolge von Dichroismus bald weiß, bald mehr oder minder intensiv rotgelb. Eine besonders schöne Aufnahme glatter, fast gerader und eben abgeschnittener flüssiger Kristallprismen, welche in Fig. 11 wiedergegeben ist, ist Herrn Vorländer bei Paraazoxybromzimtsäureäthylester gelungen.

Vollkommen ebenflächige flüssige Kristalle dürften überhaupt nicht existieren, da jede Flüssigkeit das Bestreben hat, sich zu kugelförmigen Tropfen abzurunden. Die Kräfte, welche die Kristallstruktur erzeugen, wirken diesem Bestreben entgegen; und es wird von ihrer Stärke abhängen, in welchem Maße sie eine Annäherung an die streng ebenflächig-polyedrische Form der festen Kristalle hervorzubringen vermögen.

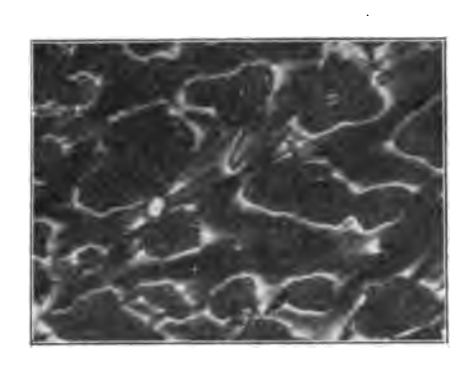


Fig. 9.

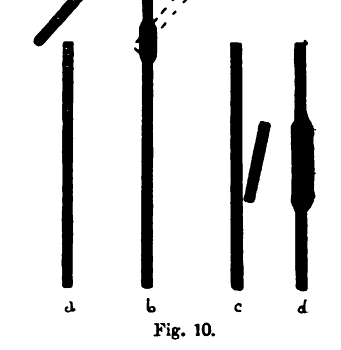


Fig. 10.

Ebenso wie feste Kristalle in hemimorphen, d. h. einseitigen Formen auftreten können, werden solche hemimorphe Formen auch bei flüssigen Kristallen beobachtet. Paraazoxyzimtsäureäthylester z. B., dessen fließend-kristallinische Modifikation gleichfalls von Herrn Vorländer entdeckt wurde, tritt in gerundeten hemimorphen (einachsigen) Pyramiden (halben Oktaedern) auf, am einen Ende nahezu spitz, am andern abgestumpft durch die Basis (Fig. 12 und 13). Sie sind dichroitisch, denn beim Hindurchsehen in der Richtung der Achse erscheinen sie weiß (farblos), quer dazu dagegen gelb (Fig. 14). Sucht man einen Kristall in der Richtung der Achse zusammenzudrücken, so leistet er merklichen Widerstand, quer dazu dagegen gleiten die Schichten aneinander so leicht, daß er sogar um eine Luftblase herumfließen kann. Dieses Verhalten gleicht etwa dem des Eises, denn ein in der Richtung der Achse geschnittenes Eisprisma läßt sich schwer zusammenstauchen, während eine Durchbiegung quer zur Achse relativ leicht möglich ist, wie wenn das Prisma aus Blättern senkrecht zur Achse aufgeschichtet

wäre (Fig. 12). Wird eine Aggregat von fließenden Kristallen des Paraazoxyzimtsäureäthylester ohne Lösungsmittel, welches natürlich (der verschiedenen Orientierung der einzelnen Individuen entsprechend) gesprenkelt gelb aussieht, zwischen Objektträger und Deckglas gequetscht, so wird es weiß, oder zwischen gekreuzten Nicols dunkel, da, ganz wie bei

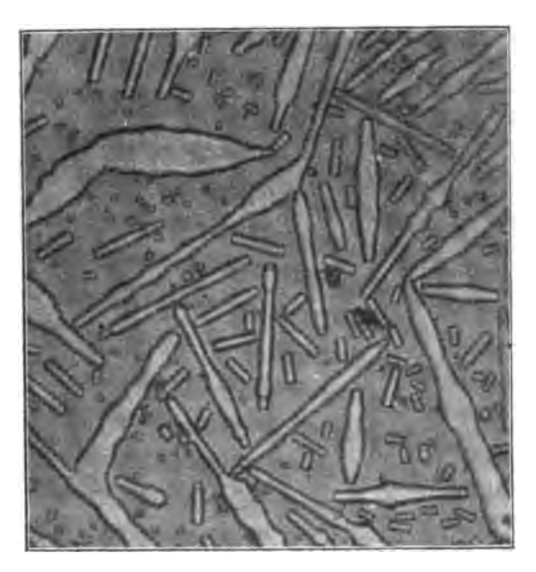


Fig. 11.

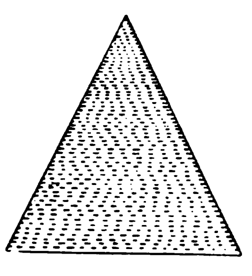


Fig. 12.

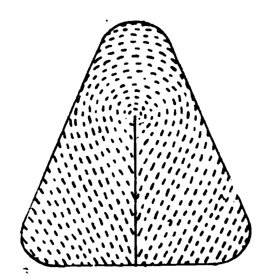


Fig. 13.

Ammoniumoleat, die Moleküle sich wie optisch einachsige Blättchen verhalten, die sich den Glasflächen parallel richten. Bei isolierten hemimorphen Pyramiden kann man deutlich erkennen, daß die Tendenz zur Abrundung sich nicht nur auf die äußere Form, sondern auf das Innere erstreckt. Während bei einem normalen festen Kristall alle Punkte im Innern gleichwertig sind und ebenso alle parallelen Richtungen, ist

dies bei unseren gerundeten Kristallen nicht der Fall. Schon bei Betrachtung in gewöhnlichem Licht sieht man von der Mitte der Basis gegen die Spitze einen deutlich hervortretenden Strich sich hinziehen, umgeben von einem sich verjüngenden, verwaschenen Hof, woraus (im Verein mit den Erscheinungen im polarisierten Lichte) auf eine konische Molekularstruktur zu schließen ist, wie sie Fig. 13 andeutet.

Fließen zwei solche Pyramiden in übereinstimmender Stellung zusammen, so vereinigen sie sich vollkommen zu einer einzigen einheitlichen Pyramide von gleicher Form. Treffen sie sich in entgegengesetzter Lage, so bleiben sie einfach aneinander haften, ohne zusammen zu fließen, einen sogenannten Zwilling bildend (Fig. 15), welcher einer vollkommenen Pyramide (Oktaeder) ähnlich sieht, indes an der Fuge eine eigentümliche Störung in Form eines Kreuzes mit grauem, verwaschenem Hof zeigt.

Dieses verschiedene Verhalten beim Zusammenfließen, je nachdem die Stellung eine übereinstimmende ist oder nicht, erinnert an die von Hagenbach entdeckte Erscheinung der „Transkristallisation" bei Eis, daß nämlich zwei Eisstücke vollkommen miteinander zu einem Kristall verschweißen, wenn sie in übereinstimmender Stellung aneinander gedrückt werden, dagegen nur lose haften, wenn z. B. ihre Achsen gekreuzt sind.

Widerspricht aber nicht die Unfähigkeit des Zusammenfließens in entgegengesetzter Lage der Flüssigkeitsnatur der Kristalle? Dürfen wir sie dennoch als wirklich flüssige Kristalle bezeichnen? Ist nicht schon der Umstand, daß sie polyedrische Form annehmen, ein Beweis des Gegenteils?

Gewiß wird mancher, der sich nicht klar des Unterschiedes von fest und flüssig bewußt ist, in Zweifel geraten, ob wirklich durch die dargelegten Beobachtungen die Existenz flüssiger Kristalle nachgewiesen sei; ob nicht einfach die Gebilde als weiche oder sehr weiche Kristalle aufzufassen seien und im Grunde ein Gewinn an wissenschaftlicher Erkenntnis nur insoweit vorläge, als die Hypothese der Starrheit des Raumgitters, der unbedingten Abhängigkeit der Eigenschaften eines Stoffes von der Art der Aneinanderlagerung der Moleküle zu Fall gebracht wäre. Eine solche Unklarheit kann beruhen in der sehr verbreiteten, irrigen Meinung, der Grad der inneren Reibung, der Zähigkeit bedinge den Unterschied von „fest" und „flüssig". Honig (oder Sirup) wird wohl allgemein für flüssig gehalten, Siegellack und Pech, obschon sie in der Sommerwärme ein ähnliches Bestreben zeigen, auf ihrer Unterlage sich auszubreiten und herab zu fließen, gelten dagegen als fest. Andere wieder wollen selbst gewöhnliches Glas als Flüssigkeit betrachtet

wissen, weil es beim Erhitzen allmählich erweicht und sich verflüssigt und (ihrer Meinung nach) kein Punkt angegeben werden kann, welcher als der eigentliche Verflüssigungspunkt zu bezeichnen wäre.*) Derartige Unsicherheiten beruhen lediglich auf Unkenntnis der charakteristischen Eigenschaft fester Körper, daß sie unter dem Einfluß von Kräften, welche die Elastizitätsgrenze nicht übersteigen, keine bleibende, mit

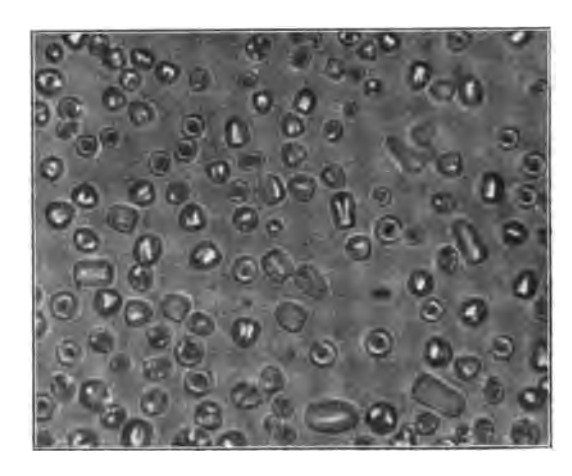


Fig. 14.

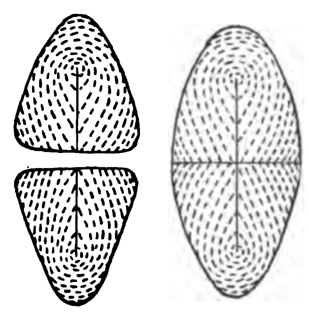


Fig. 15.

der Zeit fortschreitende Formänderung erfahren, sondern beim Nachlassen der Kraft vollkommen ihre frühere Form wieder annehmen. Ein Glasfaden biegt sich wohl, wenn wir ihn horizontal halten, durch unter dem Einfluß seines eigenen Gewichts, streckt sich aber wieder gerade,

*) In einem der neuesten Hefte der Annalen der Physik findet sich eine Arbeit von H. Glaser (22, 694; 1907), deren Seitenüberschriften gar die Bezeichnung „feste Flüssigkeiten“ enthalten! Das in meinem Buch „Flüssige Kristalle“ S. 2 Gesagte ist dem Verfasser augenscheinlich entgangen.

wenn wir ihn aufrichten. Nicht so ein Sirupfaden. Sirup in ein Gefäß geschüttet, hat wohl im Anfang eine unebene Oberfläche; nach und nach verschwinden aber alle Erhöhungen und Vertiefungen, die Fläche wird vollkommen spiegelglatt. Weiches Pech oder Marineleim verhalten sich nicht ebenso; es bleiben Unebenheiten (allerdings nur geringe). Diese Stoffe zählen deshalb zu den festen Körpern.

Wie nun die flüssigen Kristalle? Versuchen wir, ein flüssiges Prisma zu biegen, was z. B. durch Hin- und Herschieben des Deckglases zu erreichen ist, so kehrt es beim Nachlassen der Kraft alsbald wieder in seine normale Form zurück. Aber von Elastizität kann dennoch nicht gesprochen werden, denn gleiches geschieht, wenn wir das Prisma zerquetschen! Jedes Fragment strebt dann wieder seine Normalform an, während ein Fragment eines elastischen Körpers bleibt, wie es ist. Die polyedrische Form fließender Kristalle beweist somit nichts für deren Elastizität, sie ist die Wirkung einer anderen Kraft, ich nannte sie „Gestaltungskraft". Ob neben dieser noch „Elastizität" vorhanden ist, wäre in jedem Fall noch näher zu prüfen. Bei Cholesterylbenzoat z. B., welches so leicht fließt wie Olivenöl und in einer offenen Schale spiegelnde Oberfläche annimmt, ist dies sicher nicht der Fall, bei regulärem Jodsilber müßte dagegen der Mangel aller Elastizität erst bewiesen werden, ehe man es zu den flüssig-kristallinischen Stoffen rechnet.

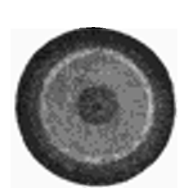


Fig. 16.

Gestaltungskraft kommt übrigens nicht allen flüssigen Kristallen zu, wie ich zuerst (1890) bei Gattermanns Paraazoxyphenetol beobachtete. Gattermann selbst hatte gefunden, daß diese Substanz trüb schmilzt, ähnlich wie Cholesterylbenzoat. Er vermutete deshalb die Existenz flüssiger Kristalle. Mein Versuch, diese durch Zusatz von Olivenöl als Lösungsmittel zu isolieren, ergab vollkommen kugelförmige Tropfen, so leicht flüssig wie Wasser von regelmäßiger innerer Struktur. Schon bei Betrachtung in gewöhnlichem Licht kommt diese Struktur zum Ausdruck, dadurch daß ein solcher freischwebender Tropfen beim Hindurchsehen in der Richtung der Symmetrieachse einen dunkeln Kern zu enthalten scheint, umgeben von einem verwaschenen Hof (Fig. 16 und 17). Vergebens wird man diesen Kern etwa mit einer Pinzette herauszuziehen versuchen. Er ist nur ein Truggebilde, erzeugt durch die eigentümliche Lichtbrechung infolge der anisotropen Struktur des Tropfens. Er verschwindet deshalb, wenn man in einer anderen, etwa in einer zur ersten rechtwinkligen Richtung hindurchsieht. Dann glaubt man eine mit ihrem Rande die Oberfläche berührende biconvexe Linse im Innern des Tropfens zu sehen. (Fig. 18). Noch auffälliger sind die Erscheinungen

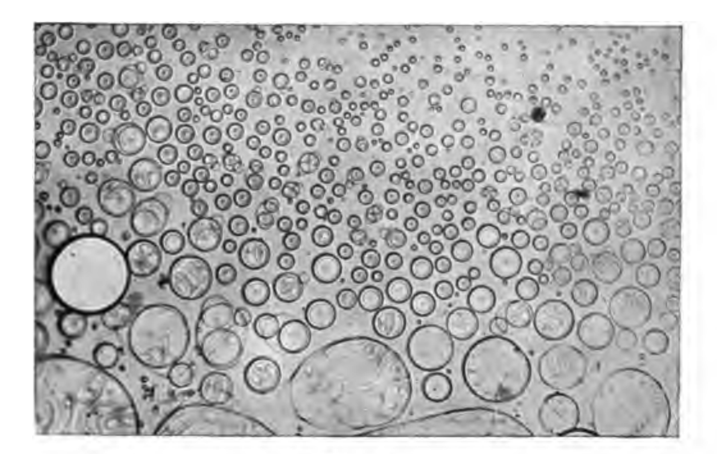


Fig. 17.

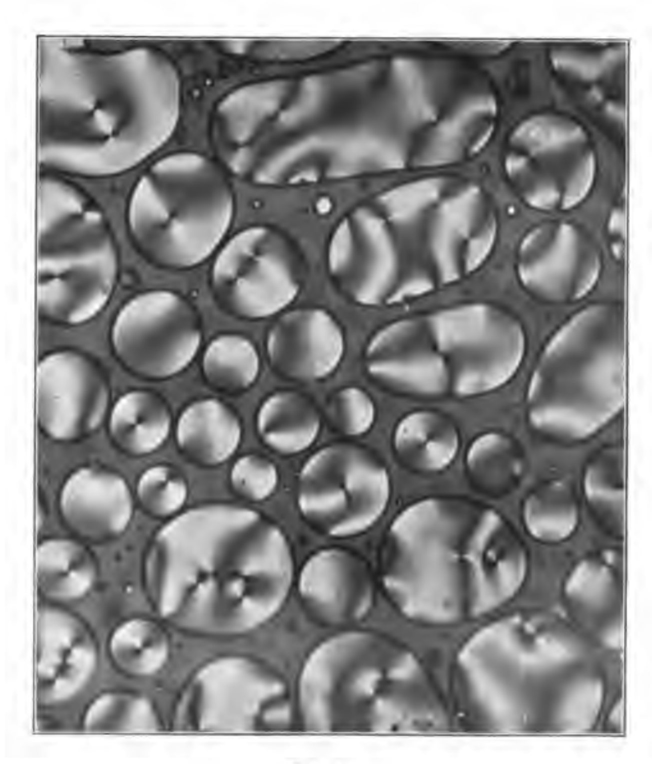


Fig. 20.

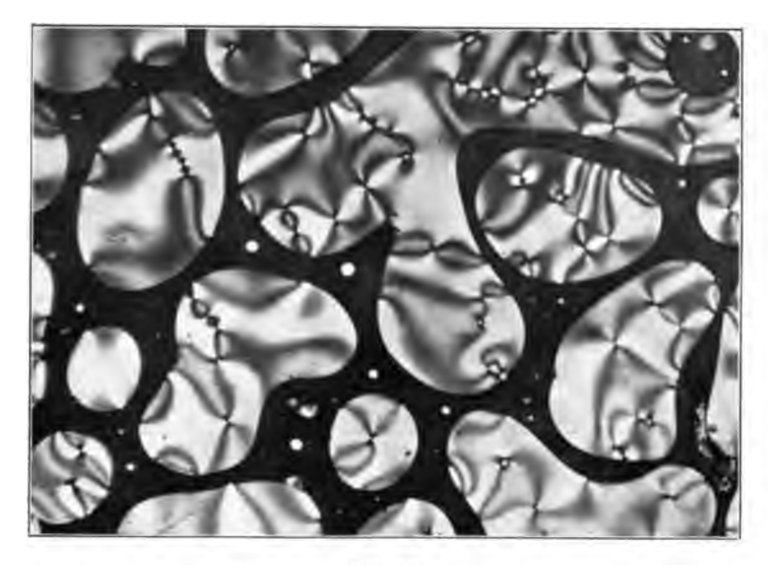


Fig. 22.

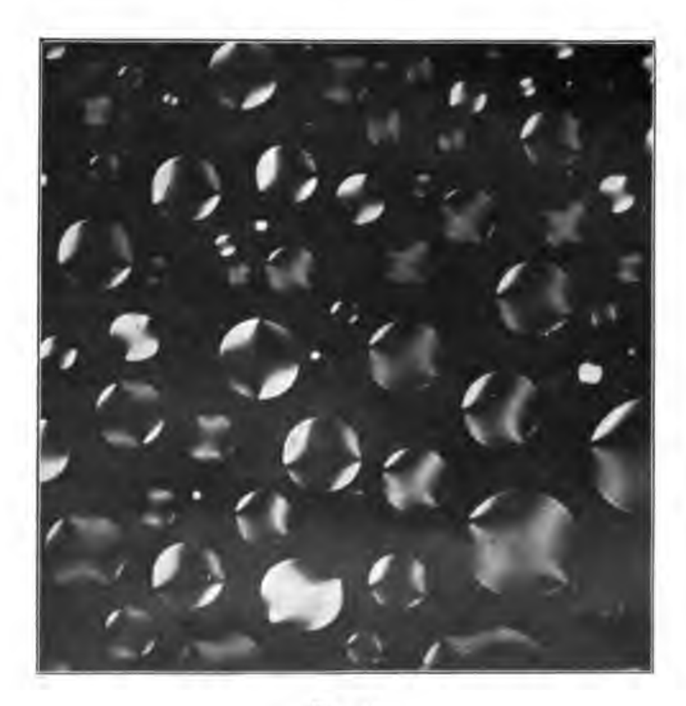


Fig. 23.

im polarisierten Licht. Im ersten Fall, in der sogenannten ersten Hauptlage, erscheint der Tropfen in zwei weiße und zwei gelbe Sektoren geteilt, erstere mit blassen Konturen und schwacher Schattierung, letztere scharf hervortretend und mit tief schwarzen Rändern (Fig. 19 und 20). In der zweiten Hauptlage erscheint der ganze Tropfen weiß oder gelb, je nach der Lage der Schwingungsrichtung des Lichtes zur Symmetrieachse. Zwischen gekreuzten Nicols erscheinen im ersten Fall bei genügender Dicke des Tropfens die weißen und gelben Felder durch ein schwarzes Kreuz getrennt (Fig. 21 und 22), im anderen Fall wird der ganze Tropfen hell oder dunkel. Man kann daraus schließen, daß sich



Fig. 18.



Fig. 19.

die Moleküle wie dichroitische Kriställchen verhalten, die in konzentrischen Kreisen um die Symmetrieachse angeordnet sind.

Völlig ungestört entwickelt sich diese Struktur natürlich nur, wenn der Kristalltropfen frei schwebt, also z. B. bei einem relativ dicken mikroskopischen Präparat, bei welchem Öl mit einer Spur Kolophonium (um Adhäsion an das Glas zu hindern) als Lösungsmittel dient. Bei dünnen Präparaten, d. h. wenn der Tropfen zwischen Objektträger und Deckglas zu dünner Schicht gepreßt ist, so daß nicht mehr weiße und gelbe Felder auftreten, sondern die der Schichtdicke entsprechenden Interferenzfarben, sind Tropfen in erster Hauptlage nur selten zu sehen; die Struktur nähert sich vielmehr der zweiten Hauptlage, doch mit dem wesentlichen Unterschied, daß nicht der ganze Tropfen hell und dunkel wird, sondern die Molekülrichtungen gegen zwei Pole am Rande konvergieren, so daß je nach der Lage derselben gegen die Nicoldiagonalen ein schwarzes Kreuz mit einem breiten Balken oder zwei Paare hyperbelartiger schwarzer Streifen auftreten (Fig. 23 und 24). Aggregate zahlreicher Tropfen zeigen im natürlichen Licht dunkle Punkte (Fig. 25), im polarisierten weiße und gelbe Felder, zwischen gekreuzten Nicols schwarze Streifen (Fig. 26). Wie aber soll eine solche Anordnung zustande kommen; ist doch in einer Flüssigkeit jede Richtung jeder anderen gleichwertig?!

Wie erklärt es sich gar, daß diese Anordnung nicht nur Bestand hat, sondern sich immer von selbst wieder herstellt, nachdem man sie durch mechanische Eingriffe gestört hat, ähnlich wie ein freischwebender kugelförmiger Öltropfen immer wieder die frühere Kugelform annimmt, wie stark man ihn auch verzerrt haben mag?

Vielleicht kann man sich die folgende Vorstellung davon machen. Bekanntlich besitzen die Flüssigkeiten Kohäsion, die in ihrer Oberflächenspannung zum Ausdruck kommt. Die Moleküle an der Oberfläche ziehen sich gegenseitig an, wie wenn sie durch Spiralfedern verbunden wären. Bei kugelförmiger Gestalt der Moleküle wäre natürlich kein Punkt der Oberfläche vor dem anderen ausgezeichnet, wohl aber können sich stäbchenförmige Moleküle sternförmig an einer beliebigen Stelle gruppieren und, indem sich diese Gruppierungsart über die ganze Kugeloberfläche fortsetzt, wird ein zweiter gleichartiger Pol auf der entgegengesetzten Kugelhälfte entstehen, welcher mit dem ersten die Richtung der Symmetrieachse bedingt, insofern nun auch die Orientierung der Moleküle im Innern des Tropfens sich der Anordnung auf der Oberfläche anpassen wird. Man kann, um sich dies klar zu machen, etwa an Drahtstifte denken, die in einer Schachtel geschüttelt werden und naturgemäß sich den Längsseiten der Schachtel parallel zu richten suchen. In ähnlicher Weise wird zunächst die unmittelbar unter der Oberfläche des Tropfens befindliche Schicht von Molekülen eine gleichartige Struktur wie die Oberfläche selbst annehmen, diese wird in gleicher Weise bestimmend einwirken auf die nächstfolgende usw., so daß sich das ganze Innere des Tropfens der oberflächlichen Struktur anpaßt. In der Tat erklärt sich dadurch recht gut das ganze Verhalten des Kristalltropfens; eine andere Erklärung dürfte auch kaum möglich sein.



Fig. 21.

Ist aber die Theorie richtig, so ergeben sich daraus sofort zwei weitere wichtige Folgerungen. Erstlich kann man schließen, da an verschiedenen Stellen der Oberfläche die Moleküle verschieden angeordnet sind, dennoch aber keine Strömungen im Innern des Tropfens entstehen, wie bei solchen Tropfen, welche Differenzen der Oberflächenspannung zeigen, (wie z. B. bei halb aus gewöhnlichem, halb aus Seifenwasser zusammengesetzten Tropfen), daß die Größe der Oberflächenspannung überall dieselbe sein muß, d. h. daß die Oberflächenspannung unabhängig ist von der Anordnung der Moleküle. Zweitens ist zu schließen, da trotz des Mangels der Elastizität die Stärke der Doppelbrechung, d. h. das Verhalten im polarisierten Licht, sich nicht wesentlich von der der festen Kristalle unterscheidet, daß nicht Elastizität und Art und Weise

der Aggregation der Moleküle die optischen Eigenschaften bestimmen, sondern die Beschaffenheit der Moleküle selbst, so daß wir umgekehrt da, wo prinzipielle Verschiedenheiten der optischen Eigenschaften hervortreten, z. B. bei verschiedenen polymorphen Modifikationen oder bei den

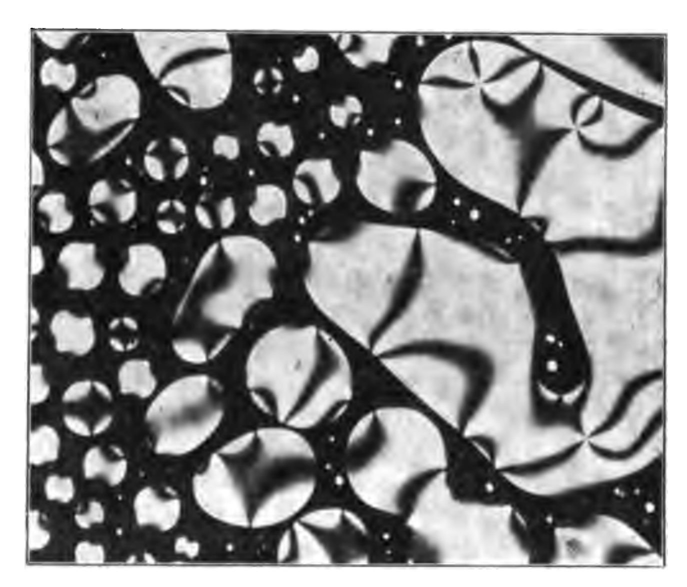


Fig. 24.

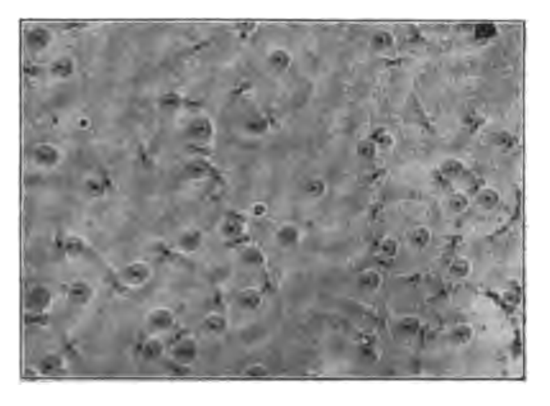


Fig. 25.

sogenannten drei Aggregatzuständen eines Körpers, notwendig (in Übereinstimmung mit dem oben Gesagten) den Schluß ziehen müssen, daß nicht einfach die Art und Weise der Aggregation der Moleküle verschieden ist, sondern daß diese selbst verschieden sein müssen.

Vor allem führt unser Ergebnis aber zu weiterer Aufklärung hinsichtlich der Gestaltungskraft fließender Kristalle. Die Moleküle der Flüssigkeiten ziehen sich gegenseitig an, sie sind aber nicht in Berührung, wie schon die Erscheinungen der Kompressibilität und der thermischen Ausdehnung lehren. Demnach muß eine abstoßende Kraft vorhanden sein, als deren Ursache man die Stöße, welche die Moleküle infolge ihres Bewegungszustandes beim Zusammentreffen aufeinander ausüben, betrachtet. Wäre diese „Expansivkraft" nach allen Richtungen gleich groß, so müßte, da die Oberflächenspannung unabhängig von der Anordnung der Moleküle, also überall gleich groß ist, die Form eines flüssigen Kristalls notwendig immer die Kugelform sein, wenn er frei sich selbst überlassen ist. Die tatsächlich zu beobachtende prismatische oder anderweitig polyedrische Form beweist also, daß die Expansivkraft nach verschiedenen Richtungen mit verschiedener Stärke wirkt, was auf gleicher Ursache beruhen muß, wie die molekulare Richtkraft, d. h. auf der stark von der Kugelform abweichenden Gestaltung der Moleküle oder mindestens einer starken Anisotropie der von ihnen ausgeübten Kräfte. Auch bei dem oben angeführten Beispiel der in einer Schachtel geschüttelten Drahtstifte fallen wohl die Stöße nach verschiedenen Richtungen verschieden stark aus, sobald sich die Drahtstifte parallel gerichtet haben; eine ausdehnbare Schachtel würde sich nach der Richtung stärkster Stöße verlängern.

Was die Natur der anziehenden Kräfte zwischen den Molekülen anbelangt, so beweist ihr Gleichgewicht mit der Expansivkraft, daß sie mit der Entfernung bis zu einer gewissen Grenze zunehmen und dann, falls der als Kohäsion bezeichnete Wert erreicht ist, sehr rasch abnehmen oder plötzlich verschwinden. Vielleicht sind es elektrodynamische Kräfte zwischen Elektronen, welche sich in knotenförmig gestalteten Bahnen innerhalb der Atome bewegen, wobei die Zunahme mit der Entfernung sich dadurch erklären ließe, daß die Bahnen mit zunehmender Entfernung der Moleküle entsprechend ihre Form ändern. Der Einwand, daß dann wohl ein merklicher Einfluß elektrischer oder magnetischer Felder auf die flüssigen Kristalle zu beobachten sein müßte, wird dadurch hinfällig, daß die Kräfte zwischen benachbarten entgegengesetzten Elektronen außerordentlich groß sind gegenüber den Einwirkungen äußerer Kräfte, so daß (wie allgemein bei Isolatoren) nur die elektrische Polarisation und influenzierter Magnetismus beobachtet werden können. Die Prüfung bezüglich der Einwirkung elektrischer Kräfte ist schwierig wegen der durch diese hervorgerufenen wirbelartigen Strömungen; ein starkes Magnetfeld aber wirkt sehr deutlich auf Kristalltropfen von Paraazonyanisol, indem sich deren Symmetrieachse den Kraftlinien parallel richtet und

außerdem die dieser Achse nicht allzu nahen Moleküle sich derart drehen, daß auch die Auslöschungsrichtungen, d. h. die Molekülachsen, in die

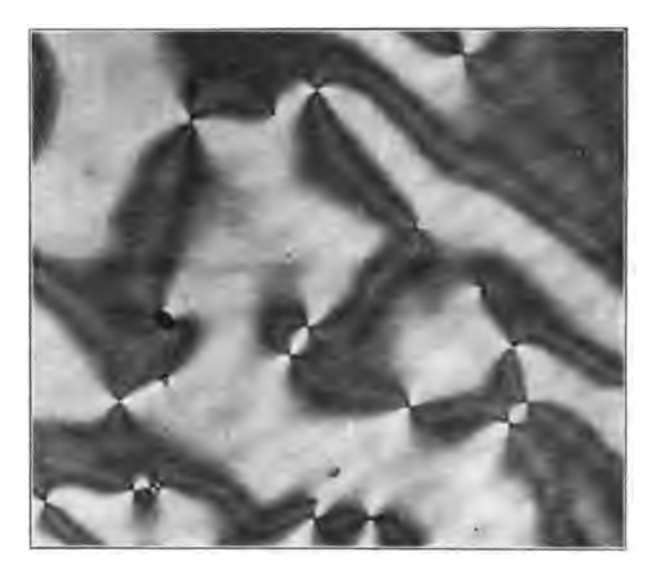


Fig. 26.

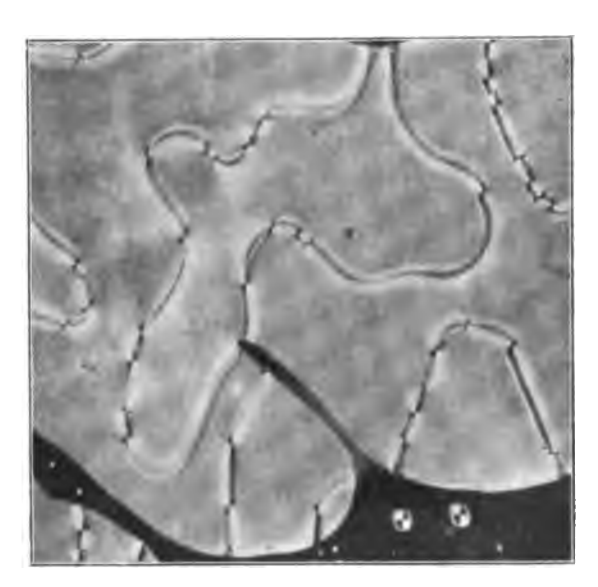


Fig. 27.

Richtung der Kraftlinien fallen. Die Fig. 27 zeigt Tropfen im Magnetfeld zwischen gekreuzten Nicols, wenn die Kraftlinien parallel den Nicol-

diagonalen sind. Fig. 28 stellt ein Aggregat zahlreicher Tropfen im Magnetfeld dar, bei welchem im allgemeinen die Molekülachsen den

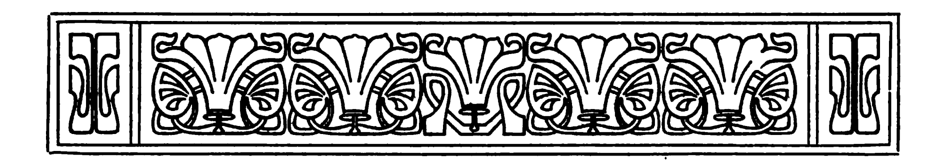


Fig. 28.

nicht ganz mit den Nicoldiagonalen parallelen Kraftlinien parallel laufen, so daß nur in der Nähe der Symmetriepunkte abwechselnd helle und dunkle Felder auftreten.

(Fortsetzung folgt.)





Betrachtungen über die Mondregion Copernicus.

Von **Phil. Fauth** in Landstuhl.

Es läßt sich nicht leugnen, daß das Studium der physikalischen Verhältnisse des Erdmondes in der letzten Zeit dem Interesse des Berufsastronomen und des Liebhabertums wesentlich näher gebracht worden ist. Das ist zwar nicht die Folge eines Entwickelungsganges der „Selenographie" im gewöhnlichen Sinne des Wortes, denn man konnte ein halbes Menschenalter hindurch die Lust an der Untersuchung unseres Nachbarplaneten fortwährend abflauen sehen; aber wie früher bereits einige Male, so haben auch vor wenigen Jahren besondere Anlässe zusammengewirkt, um selenographische Forschungen wieder zu wissenschaftlichem Ansehen zu bringen. Die „Mappa selenographica" Mädlers vom Jahre 1834 und Schmidts „Karte der Gebirge des Mondes" vom Jahre 1878 bedeuten Höhepunkte sowohl der Forschungsarbeit, als der daraus fließenden Anregung zu weiteren Untersuchungen. Dazwischen liegt die Erregung der durch den „Fall Linné" und die Vermutung von wahrgenommenen Veränderungen interessierten Geister, und danach kommt die literarische und kartographische Tätigkeit, welche sich an die Namen Neison (Atlas und Text 1881), Nasmyth (Selenologie 1884) und Gaudibert (Karte 1885) knüpft, was alles aber doch nur sekundären Aufschwung der Liebhaberarbeit am Monde bedeutet. Man kann sagen, daß sich seit zwanzig Jahren das Studium des weitaus nächsten Himmelskörpers in einem Übergangsstadium befunden habe, indem wohl seit Kleins Behauptung einer geschehenen Neubildung beim Hyginuskrater und seit der durch ihn und Schmidt gegebenen neuen Anregung zum Studium weniger, engbegrenzter Örtlichkeiten auf dem Monde recht viele Augen mit teilweise völlig ausreichenden Mitteln Umschau hielten, es aber in der Tat an einem großen Gesichtspunkte fehlte, welcher die mannigfachen Kräfte und Hilfsmittel hätte vor Zersplitterung bewahren und auf wichtiges vereinigen können. So erschöpfte man sich in fruchtlosem Mühen durch

zwei Jahrzehnte beim Zeichnen lunarer Landschaften, obwohl jede neue Aufnahme den neuen Beweis lieferte, daß die so gewonnenen Abbildungen weit hinter dem Inhalte der bereits vorhandenen Karten und ebenso in fast jeder Beziehung hinter den photographisch erhaltenen Aufnahmen zurückblieben. Der Mangel einer Organisation der Mondforschung war um so bedauerlicher, als die privaten Bemühungen der Liebhaberastronomen, deren ureigenstes Feld ja der Mond von jeher war, eines solchen heilsamen Zwanges am ersten bedürftig, aber auch zugänglich gewesen wären.

Die seit 1888 mit jedem Jahre stets fortschreitenden Ergebnisse der Mondphotographie haben nach den zahlreichen Aufnahmen am Lick-Observatorium in den noch weit besseren Negativen, welche die Pariser Aufnahmen zutage förderten, ganz überraschende Triumphe gefeiert, und es ist erfreulich, daß das größte jetzt tätige Linsenfernrohr, der 40zöllige Yerkesrefraktor bei Chicago, diese Stufe der Vollkommenheit noch überschreiten ließ. So ist es denn natürlich, daß die fast mühelose Bearbeitung der Mondtopographie, die am Schreibtische nicht entfernt solche Schwierigkeiten macht als die Beobachtung am Okulare des Fernrohres, viele Anziehung ausübte und daß man große Hoffnungen auf die Erreichung neuer Erkenntnisse theoretischer und praktischer Art setzte. Die neue Betätigung mit dem dabei unvermeidlichen Für und Wider, welches sanguinische Erwartungen und offenbare Fehlgriffe hervorriefen, hat für eine geraume Zeit die Lust an der unmittelbaren Prüfung des Zustandes der wirklichen Mondoberfläche merklich gedämpft, wenigstens für das Selenographentum im allgemeinen. Hätte nicht dieser und jener Kenner der Verhältnisse auf vermutliche physische Änderungen in der plastischen Form gewisser Lokalitäten hingewiesen, so wäre die wahre Beobachtung unseres Trabanten fast eingeschlafen. Ganz wenige Selenographen blieben aber der Überzeugung treu, daß am Okulare doch noch manche und nicht die unwichtigsten Dinge zu entdecken seien; sie wurde gefestigt angesichts des Umstandes, daß das Photographieren topographischer Feinheiten im heutigen Sinne des Wortes in ziemlich engen Grenzen eingeschlossen blieb, die wesentlich zu erweitern heute noch keine Aussicht besteht. So verblieb denn Krieger bei seiner Arbeit, die im Eintragen von Detail in vergrößerte Mondbilder bestand, und Verfasser ließ sich nicht beirren, ganze Regionen einer kartographischen Neuaufnahme zu unterziehen. Freilich steht diesem Bestreben, dessen Erfolg eigentlich der Mühe einer eigenen Begründung für die nächste Zukunft entheben sollte, die Meinung gewisser Kreise entgegen, eine solche Detaillierung der Mondplastik, wie sie z. B. des Verfassers neue Karten angeben, sei unnötig. Und doch fußen derartige Anschauungen auf der selenologischen

Betrachtung von Besonderheiten unseres Trabanten, von denen wir in der Tat nur einige überhaupt kennen und nur von zweien Spezialuntersuchungen besitzen. Es gibt deren aber viele Dutzende, und wenn sie auf der Karte nur erst einmal so bestimmt zwischen den Terrainformen der Mondoberfläche untergebracht sind, daß jeder Beobachter jedes Objekt einzeln untersuchen kann, so werden sich auch Besonderheiten von selenologischem Werte in größerer Zahl finden lassen. Die Grundbedingung solcher Erkenntnisse ist und bleibt wohl eine ausführliche Übersichtskarte, deren Einzelheiten und Genauigkeit in den Positionen die Zahl und Zuverlässigkeit der Angaben älterer Karten übersteigt. Man kann heute, nachdem auch die wieder erwachte Wertschätzung der Mondstudien auf diesem Wege der Spezialuntersuchung besonders wichtiger Örter wandelt, behaupten, daß eine fruchtbare Ausbeute des richtigen Grundgedankens nur dann geschehen werde, wenn möglichst bald die topographische Grundlage zu denjenigen Arbeiten geschaffen wird, welche der Selenographie und Selenologie des 20. Jahrhunderts vorbehalten sind. Verfasser dieser Zeilen wird darum auch im dritten Jahrzehnt seiner Tätigkeit das Ziel verfolgen, das ihn bisher geleitet hat, und wird, was an ihm ist, eine solche Karte zu erarbeiten suchen. Das wird um so sicherer geschehen können, als dem Verfasser im Laufe des Sommers ein stärkeres Fernrohr zu Gebote stehen wird und auch die präzisionstechnische Vorarbeit zu der neuen Mondkarte von 3,48 m Durchmesser bereits fertiggestellt ist. Es soll in Zukunft Schmidts, des größten Selenographen, Klage nicht wiederkehren, er könne ein Fleckchen des Mondes nicht genauer erforschen, weil er nicht imstande sei, es innerhalb des topographischen Details unterzubringen.

Nach dem Vorausgehenden erscheint wohl der Versuch gerechtfertigt, eine typische Mondgegend für einen größeren Leserkreis zu beschreiben. Es gibt dergleichen zwar in ausgiebigem Umfange, und selbst populäre Bücher von kleinerem Umfange bieten den Gegenstand entsprechend dar; aber vielleicht ist die dort notwendige Vollständigkeit, welche den ganzen Mond einbegreifen muß, ein Hindernis für die Vertiefung in die charakteristischen Formen und Verhältnisse. Man darf doch voraussetzen, daß der für den Mond und seine physikalischen Umstände interessierte Leser nicht etwa dasselbe von einer textlichen Bearbeitung des Stoffes vermittelt haben möchte, was er bequemer, schneller und übersichtlicher aus einer unserer klassischen Mondkarten — unter denen diejenige Lohrmanns vielleicht nicht die schlechtesten Dienste leistet — unmittelbar entnehmen kann. Gerade die spezifisch lunaren Formen und Beziehungen bedürfen eigener Hervorhebung, denn sie bleiben auch im besten Kartenbilde verschleiert. Außerdem lautet die Frage des

Wißbegierigen nicht Wie, sondern Was ist? Das Wie sieht am Ende auch jeder Laie mehr oder minder gut an Bildern und Karten und gelegentlich am Fernrohre und gewinnt dadurch einen brauchbaren Überblick; auch rein statistische Kenntnisse sind am Monde nicht zu verachten, und was die Verbreitung der Rundformen mit ihrem typischen Gesamteindrucke anlangt, so geht nichts über die Betrachtung des wahren Mondantlitzes oder der modernen Photographien: solche Eigenart muß am Gegenstande selbst einmal auf die Sinne gewirkt haben, und alle bloße Beschreibung ist nicht imstande, ähnliche Vorstellungen wach zu rufen. Allerdings ist es natürlich, daß nicht jeder Lernbegierige, dessen bestes Rüstzeug vielleicht der gute Wille ist, auch an der Hand guter Hilfen das Wesen des lunaren Zustandes erfassen wird. Haben doch anerkannt glückliche Beobachter jahrzehntelange Kämpfe mit widrigen Hindernissen kämpfen müssen, und haben doch viele Kräfte sich in zielbewußtem Streben vereinigen, ja einer dem anderen folgen müssen, bis die heute erreichte Stufe der Erkenntnis unseres Trabanten erklommen war! Da läßt einerseits die begrenzte Leistungsfähigkeit des Fernrohres, andererseits die klimatisch ungünstige Lage des Beobachtungsortes zu wünschen übrig, auch wenn die optischen Teile in ihrer Weise tadellos und die Handhabung des Apparates bequem wären. Fast allerorts hemmen die wechselnde Durchsichtigkeit der Luft und die Bedeckung des Himmels mit undurchdringlichen Wolken die programmatische Arbeit des Selenographen. Und wenn er auch von Hause aus die physiologische Befähigung zur Erkennung feinster planetarischer Züge, nämlich einen entsprechend fein konstruierten Netzhauthintergrund in seinem Auge mitbringt, so muß er immer noch wissen, was bereits vor ihm erarbeitet worden ist; er muß die Erfahrungen und Irrungen früherer Beobachter kennen und technisch sich an die Beobachterarbeit gewöhnen, damit er die vor ihm gewonnenen Kenntnisse besitzt, weil er sie noch einmal in Kürze selbst erworben hat. Darum ist dem ernsthaften Mondforscher alles zweckdienlich, was in sein Spezialfach einschlägt, stehe es nun auf der Höhe der Zeit oder sei es in Form und Inhalt minderwertig. Die Phantasien eines Konjekturalastronomen sogar können Anregungen geben; das Studium der originellen Mondwerke von Mädler, Schmidt und Neison ist unerläßlich, die Zergliederung sowohl als die übersichtliche Durchmusterung von Mondphotographien ist lehrreich; aber den sichersten Weg führt doch die unmittelbare Fernrohrbeobachtung, denn hier sprechen nicht nur Formen, sondern auch lebendige Lichter und Farbentöne zu unserem Verstande und hier wechselt die Beleuchtung an der Grenze von Tag und Nacht, an der „Lichtgrenze", zusehends: der Mond ist gleichsam eine lebendige Welt, die beste Photographie nur ein totes Bild.

Aus der lebendigen Wirklichkeit aber allein lassen sich Eindrücke gewinnen, deren geistige Verarbeitung die Brücke zum inneren Verständnis des lunaren Was bildet. Das ist der Sinn selenographischer Arbeit, wenn der Beobachter sich allein auf direkte Untersuchungen verläßt und die sehr angenehmen und nützlichen Bildhilfen als willkommene Werkzeuge zur Vorbereitung seiner Studien benützt. So eröffnen sich selenologische Auspizien erst auf Grund selenographischer Arbeit.

Es gibt gewisse, nicht allzusehr in die Breite ausgedehnte Regionen auf dem Monde, wo sich alle Arten der plastischen Formen und der Färbungen nebeneinander vorfinden. So der am schönsten sich darstellende Teil der Oberfläche unseres Nachbarn, welcher durch das Ringgebirge Copernicus ausgezeichnet ist, so auch eine Partie beim Ringgebirge Theophilus, besonders gegen Südwesten hin und an anderen Orten. Nachdem einmal dieser Tatbestand festgelegt ist, wäre es nur nötig, einige solche Gegenden nach jeder Seite der Möglichkeit mit modernen Mitteln zu durchforschen, um sozusagen alle Mittel zur Beurteilung selenologischer Probleme in Händen zu haben. Im allgemeinen ist das auch richtig; im besonderen Falle aber ist doch nicht zu leugnen, daß die Natur der vorkommenden Objekte bei aller scheinbaren Ähnlichkeit doch so verschieden ist, wie nur Arten oder Individuen sein können. Darum kann und wird sich die Forschung niemals zufrieden geben mit der gründlichen Bearbeitung noch so charakteristischer Teilflächen des so günstig vor unserem Blicke liegenden Himmelskörpers, sondern sie wird nach wie vor die allmähliche Vertiefung unserer Kenntnis des ganzen Mondes als ihr selbstverständliches Ziel betrachten. Eine andere Sache ist es, wenn einem größeren Interessentenkreise ein typisches Bild unserer benachbarten Welt entrollt werden soll; da genügt die Kennzeichnung einer Gegend, welche reiche Abwechslung an Gestaltungen aufweist, und darum möge die Copernicuslandschaft in den folgenden Zeilen einer Betrachtung unterzogen werden.

Fragen wir zunächst nach den Gattungen der Mondgebilde, welche hier in Betracht kommen, so werden wir alle vertreten finden, welche zu benennen die Selenographie Ursache hatte. Zunächst fällt der Riesenkrater Copernicus selbst ins Auge, ausgezeichnet durch Maß, Bildung, Eigenart, Helligkeit, äußere Dekoration und dominierende Isoliertheit. Neben ihm treten allerdings mehrere Rundformen der näheren Umgebung stark zurück, die, wenn sie in „offenem Gelände“ lägen, als respektable „Krater“ die Aufmerksamkeit erregen würden. Andere Formen von verwandtem Baue schließen sich in kleiner Anzahl an, bilden aber den Übergang zu immer zahlreicheren Individuen kleiner und kleinster Ausdehnung, so daß sich hier nicht bloß das Größte und Unscheinbarste

nebeneinander befindet, sondern auch ersteres in vornehmer Vereinsamung, letzteres in steigendem, vulgärem Übermaße, je kleiner es selber ist. Ein Trümmerfeld von Berggruppen, Hügelzügen, Kuppen, Spitzen und von wie Felsklippen aussehenden, inselartig isolierten Erhebungen, ein Gewirre von regellos verstreuten Massen, die sich bald zu einem wirklichen Gebirge zusammenschließen, bald als Gehügel fast wie zufällig zusammenfinden, bald sichtlich ohne jede Verbindung daliegen, umgeben den imponierenden „Krater", den Riccioli „Copernicus" benannte, nachdem ihn Hevelius als „Mons Aetna" in der Region „Insula Sicilia" bezeichnet hatte. Van Langrens Mondkarte aus der Mitte des 17. Jahrhunderts gab als ersten Namen „Philippi" an. Lange Bergadern streckt das Rundgebirge radial aus wie Fühlfäden, nachdem sich seine Außenseite wie in mehreren Befestigungsgürteln zum mittleren Niveau der Mondfläche herabgesenkt hat. Zwischen eng gruppierten Erhebungen und dicht gedrängten Längsrücken hindurch erstrecken sich schmale und in scharfer Plastik modellierte Längstäler, „Rillen" benannt, obwohl ihre Bildung mit rinnendem Wasser nichts zu tun hat. Bald ziehen sie in öder Einförmigkeit weit hinaus „ins flache Land", bald schlängeln sie sich in munteren Kurven zwischen Gipfeln, Gruben und Beulen dahin; wo aber die Ebene außerhalb des eigentlichen Copernicusgebietes vorherrscht, und das ist im Westen der Fall, da tritt in vielfältiger Form eine sonderbare Verbindung von Rille und Kratern zutage, die „Kraterrille", welche an eine Schnur aufgereihter Perlen erinnern könnte, wenn die rundlichen, kraterartigen Erweiterungen nicht gar grob in Ausmaßen und Plastik ausgefallen wären. Über alle diese Abwechselung in der Form der Rauhigkeiten aber ist ein Chaos von hellen Bändern, Strichen, Linien und Flecken gebreitet, regellos fast, wenn man einen ganz kleinen Bezirk daraufhin untersucht, und doch auch in recht deutlicher Beziehung zueinander, wenn der Blick über weitere Gebietsteile schweift und in der Menge von Individuen eine ausgeprägte Anordnung in Längsrichtungen erkennt. Diese Streifen laufen bald gerade, bald gebogen, geknickt oder unterbrochen; sie bleiben hier einheitlich und zerstieben dort besenartig in die Breite; sie zielen rückwärts oft in die Mitte des Riesenkessels, dem sie als imposante Strahlenkorona dienen, treffen aber die Wallränder auch in tangentialer Richtung; bald verlaufen sie einzeln, bald sind sie in unleugbar zusammengehörigen Gruppen oder Bündeln vereinigt. Wo das Terrain eben ist, wie im Westen, da treten sie am wenigsten mit dem Weiß der Höhen vermischt und deshalb am deutlichsten heraus. Die Lücken, welche zwischen ihnen geblieben sind, tragen die dunklere, graue Färbung des Mondbodens, untermischt an einzelnen Stellen mit schwärzlichen Tönen, ja mit besonders dunkeln Fleckchen,

deren Dasein und Bedeutung erst vor wenigen Jahrzehnten bemerkt worden ist. Gerade im Südwesten und im nächsten Umkreise des Copernicus findet sich etwa ein Dutzend dieser interessanten Stellen, von denen bisher nur drei genähert untersucht worden sind.

Mit der Anführung der zuletzt genannten Objekte, welche noch einer sehr eingehenden Untersuchung unter den verschiedenen Beleuchtungswinkeln, also in den verschiedenen Mondaltern, bedürfen, ergibt sich die Prüfung der Frage, was denn früher das Interesse der Mondkundigen gefangen genommen habe, so daß einer ziemlich späten Zeit — wenn man nämlich die Leichtigkeit in Betracht zieht, mit welcher das achromatische Fernrohr seit Fraunhofer die Aufgabe bewältigt hätte — die Aufmerksamkeit auf die isolierten, schwärzlichen Fleckchen vorbehalten blieb. Der Laie wird mit Recht fragen, ob den Altmeistern in der Selenographie diese interessanten Dinge entgangen seien. Hieran lag es nun freilich nicht. Der Lilientaler Oberamtmann und fruchtbare Beobachter Schroeter hat schon vor etwa 120 Jahren Dunkelheiten in Ringgebirgen und Ebenen mehrfach aufgezeichnet; vor 80 Jahren kannte und beobachtete auch der Münchener Astronom Gruithuisen eifrig ähnliche Ausnahmen von der gewöhnlichen Tönung des Mondbodens; nicht minder weisen die klassischen Karten von Mädler und Lohrmann Beispiele sorgfältiger Aufnahmen von dunkeln Stellen nach. Aber es ist doch ein wesentlicher Unterschied, ob der gewissenhafte Beobachter das betreffende Objekt treu kopiert überliefert und in der Registrierung und statistischen Feststellung ein vorzügliches Genügen findet, oder ob in einem weiter vorgeschrittenen Stadium der Mondkunde Zeit und Gelegenheit gegeben sind zur Verarbeitung des Stoffes, wie es auch ganz verschiedene geistige Tätigkeiten sind, einen Gegenstand zu entdecken und ihn, dessen Dasein nachgewiesen ist, im Detail zu untersuchen. Der allezeit vorbildlich bleibende Selenograph Schmidt hat denn auch von höherem Gesichtspunkte aus geprüft und neben der Schaffung einer reichhaltigen größeren Gesamtkarte die kritische Untersuchung gewisser ihm verdächtiger Örtlichkeiten durchgeführt; auch die dunkeln Flecken im Südwesten des Copernicus gehörten zu den Gegenständen seines besonderen Interesses. In gleicher Absicht wie er hat bald darauf auch Klein die Besonderheiten zweier Objekte (im Alphonsus und Mare nectaris) untersucht. Mancher andere Beobachter ließ es beim bloßen Abzeichnen der gröberen Details bewenden. Die Bemühungen des Verfassers in dieser Richtung waren bei etwa 60 Objekten insofern von Erfolg begleitet, als es gelungen ist, vorläufig die feinsten Züge der Plastik des Bodens im Bereiche derselben zu mappieren, so daß die periodischen Einträge des Fleckendetails jetzt ohne Mühe geschehen

können. Auch anderwärts betritt man solche Wege, leider oft ohne die Details der Karte zu kennen. Daraus ergibt sich, daß auch das neue Programm der Überwachung der Variationen dunkler Flecken die Fortsetzung der Topographie nicht entbehren kann, ja größere Anforderungen als jemals an sie stellt. Wie neue Ideen, so können auch neue Arbeitspläne den Zielen vorauseilen. Bisher hat es sich jedesmal erwiesen, daß Fleckenstudien mangelhaft geblieben sind, weil sie ohne Rücksicht auf die Terrainverhältnisse getrieben wurden. Es muß darum ausdrücklich hervorgehoben werden, daß das gewünschte Ziel nur etappenweise erreicht werden kann: Zuerst kommt die Topographie zu ihrem Rechte und zwar bis zu einem Grade, welcher mindestens mit einem Fernrohre von 6 Zoll Öffnung nur erreichbar ist; sodann handelt es sich um die Unterbringung einer bestimmt gefärbten oder abgetönten Stelle innerhalb der Bodenformen, wobei es sich gegebenen Falles um die Identifizierung des Flecks mit einem plastischen Detail handeln kann. Die dritte Stufe wird erreicht, wenn die Änderung des Farbentones mit steigender und sinkender Sonne bei allen sich bietenden Gelegenheiten in Bild und Wort festgehalten wird und schließlich eine Ephemeride dieser Variation innerhalb Monatsfrist daraus sich ergibt. Soweit hat die Selenographie vorzuarbeiten, damit ihre Schwesterwissenschaft, die Selenologie das Warum dieser Sonderbarkeit aufhelle. Es braucht nur daran erinnert zu werden, daß damit die Schwelle kosmologischer Betrachtungen betreten wird, denn der Mond ist als Glied des Sonnenreiches, zumal als Zugehöriger zur Gruppe der inneren Planeten und nicht zum mindesten als ein Weltkörper, den wir 150 mal genauer studieren können als den nächstbesten Planeten (Mars), der bestgeeignete Körper zur Prüfung einer „Weltbildungslehre". Wie steht es aber mit unserem diesbezüglichen sicheren Wissen? Wenn dieses allein maßgebend ist für den Grad der Verläßlichkeit der heutigen Vorstellungen über die Bildungsvorgänge auf dem Monde, so haben wir allen Grund uns zu bescheiden. Schmidts Ausspruch, die Astronomie arbeite „seit zwei Jahrtausenden noch immer an ihren Fundamenten", läßt sich sinngemäß auch auf die spezielle Mondkunde anwenden. Gerade weil wir heute neuen Aufgaben gegenüber stehen, erweisen sich die selenographischen Dokumente der Gegenwart als gerade gut genug, daß wir auf sie als sichere Grundlagen zu bauen anfangen dürfen. Wir haben heute Formen, Formeln sogar, und Worte; diesen einen den Dingen entsprechenden Inhalt zu geben, das ist die nächste Aufgabe der Mondforschung des 20. Jahrhunderts.

Bis einmal glücklichere Umstände die Möglichkeit ausgiebiger Verfolgung der allmonatlich wiederkehrenden, aber wohl im Laufe längerer Zeit auch etwas verschiedenen Verfärbung gewährleisten, dürfen wir

immerhin unsere Freude am Erreichten finden, und das ist gewiß sehr beachtenswert. Wenn es auch heute schon mehrere größere Mondregionen gibt, welche durch des Verfassers private Arbeit in dem weiter oben angedeuteten Sinne neu bearbeitet worden sind und weit tiefere Einblicke in den äußeren Bau der Mondgebirge gestatten als die Schmidtsche Karte oder neuere Photographien, so darf man doch die Copernicusregion zu den am besten bekannt gewordenen zählen: nicht bloß die eigene Karte des Verfassers, welche im Maßstabe 1:444 444 gezeichnet ist, sondern auch eine außerordentliche photographische Leistung der Beobachtungskünstler am Yerkesrefraktor liegt als vollzogene Tatsache vor. Beide ergänzen sich naturgemäß zu einem Gesamtbilde, welches so vollständig ist, als heutige Anforderungen es nur wünschen können. Verfasser bekennt, daß er hier, soweit es das Material an Rillen und feinen Kratergruben betrifft, an der Grenze der Leistung seines $6^1/_2$zölligen Fernrohres angelangt sein dürfte; aber alle seit langen Jahren immer deutlicher gewordenen Anzeichen weisen darauf hin, daß er selbst mit einem 9zölligen Objektive relativ leicht imstande wäre, das oben aufgerollte neue Zukunftsprogramm zu verwirklichen. Vorerst sei aber dargetan, was wir von der betreffenden Gegend bereits bestimmt kennen.

Die Copernicuslandschaft hat von jeher die Augen auf sich gelenkt, und so haben offenbar alle hervorragenden Selenographen auch der Darstellung besondere Liebe zugewendet. Treten ältere Abbildungen oder Versinnlichungen in schematischer oder kartographischer Form auch dürftig und bescheiden auf, so stellen sie doch immer eine Summe des Wissens zur Zeit ihrer Entstehung dar, natürlich auch ein Maß für die Darstellungskunst ihres Erzeugers, und es ist dabei höchstens zu bedauern, daß diese Kunst nicht immer den sonstigen Leistungen der im Auffassen und in der Schilderung zuverlässigen Beobachter entsprochen hat. So hatte der ungemein fleißige und urteilsfähige J. H. Schroeter vor etwa 120 Jahren zwar sehr bedeutende optische Mittel (Reflektoren), war aber in der Fixierung des Gesehenen nicht glücklich, ein Mangel, den er mit dem berühmten Herschel teilt. Dennoch kann man nicht leugnen, daß seine Tabula XX, die er am 8. November 1788 aufgenommen hat, bezüglich des Ringgebirges Copernicus alle besonderen Kennzeichen enthält, die man im Groben und mit geringen zeichnerischen Mitteln notieren kann. Aber der Kenner liest auch aus dem Blatte heraus, daß die angewendeten Spiegel für die damalige Zeit wohl zu groß waren, denn sie mußten bei nur einigermaßen guten Luftverhältnissen eine solche Menge von Einzelheiten zeigen, daß dem Beobachter die Auswahl schwer fiel. So erklärt es sich denn auch, daß eine ganze Reihe von Objekten auf der genannten Tafel fehlt, die ganz gewiß von den guten

Teleskopen Schroeters dargestellt worden sind. — Auf eine Reihe nicht systematischer Arbeiten Gruithuisens folgte dann die kartenmäßige Abbildung der Gegend durch Lohrmann in den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Leider konnten die wunderbar klaren Tafeln der ganzen Mondkarte erst durch Schmidts Bemühungen 1878 herausgegeben werden. Achromatische Fernrohre von 88 und 143 mm Öffnung waren die trefflichen Instrumente gewesen und ein für eine Generalkarte von 1:3600000 recht detaillierter Copernicus das erfreuliche Resultat. Wenn die Hauptform des Ringgebirges ein wenig gewaltsam verschoben erscheint, so fällt dies zum Teil der Bemühung zur Last, eine größere Anzahl von Charakteristiken an und in dem Gebilde unterzubringen. Nur die südwestlichen Teile der Gesamtregion sind etwas störend entstellt. Ein Vorteil gegenüber vorausgegangenen Arbeiten ist die gleichzeitige Andeutung der Flächenhelligkeit. — In den 30er Jahren unternahm Mädler im Vereine mit Beer auf dem Privatobservatorium des letzteren die Herstellung einer ebenso großen Mondkarte, wobei ihr Fernrohr von 102 mm sicher von vorzüglicher Qualität war. Der Reichtum an Einzelheiten in unserem Gebiete ist vielleicht ein wenig größer als bei Lohrmann, aber weniger klar, was teilweise der Reproduktion zur Last fällt, denn Mädlers vier Blätter sind Lithographie, Lohrmanns 25 Blätter dagegen Kupferstich. Eine kleine Verunstaltung des Walles von Copernicus, die demselben einen ganz anderen Charakter gibt als bei Lohrmann, ist uns ein Beweis, wie leicht in den Anfangszeiten der Selenographie das Bestreben, wesentliche Details anzubringen, den Gesamteindruck eines noch so bekannt anmutenden Gebildes rein individuell beeinflußt hat. Im übrigen ist der andere Fehler im Südwesten vermieden und im allgemeinen ein überraschender Reichtum an Formen vertreten.

(Fortsetzung folgt.)





Die physikalische Grundlage der Stübelschen Vulkantheorie.

In Nummer 116 der illustrierten Zeitung „Der Tag“ hat der Privatdozent der Geologie an der Berliner Universität Dr. Walther von Knebel gegen einige von dem Unterzeichneten in dem Uraniavortrag „Die Feuergewalten der Erde“ ausgesprochene Lehrmeinungen heftige Angriffe erhoben und dieselben wohl infolge einer Entgegnung (Tag, Nummer 144) zum Teil in noch verschärfter Form in dieser Tageszeitung wiederholt. Herr von Knebel hat dabei Verteidigungsmittel benutzt, die außerhalb jeglicher wissenschaftlichen Diskussion liegen, und die, da sie sich der Beurteilung von seiten der großen Öffentlichkeit durchaus entziehen, nur den Zweck verfolgen können, den Unterzeichneten in der Öffentlichkeit zu diskreditieren.

Da die Redaktion des „Tag“ eine Erwiderung meinerseits auf die erneuten Angriffe des Herrn von Knebel mit der Begründung zurückgewiesen hat, daß das öffentliche Interesse an dieser Materie erledigt sei, was mir aber nicht genügen kann, und da der in der genannten Zeitung verfügbare Raum überdies zu einer sachlichen Erörterung der strittigen Fragen kaum ausreichen dürfte, sehe ich mich veranlaßt, hier noch einmal auf die Angriffe des Herrn von Knebel, so weit dieselben rein sachlich sind, einzugehen.

Die von dem verdienstvollen Forscher Alphons Stübel in dessen Werk „Ein Wort über den Sitz der vulkanischen Kräfte in der Gegenwart“, Leipzig 1901, entwickelte, an sich bedeutsame Theorie der Panzerdecke und der peripherischen Herde scheint Herrn von Knebel besonders ans Herz gewachsen zu sein, denn er kommt immer und immer wieder

darauf zurück, daß ich die Grundlage dieser Theorie als „physikalisch unhaltbar" bezeichnet habe (Tag 116). Er erblickt darin eine unerhörte Anmaßung von meiner Seite, durch die er sich berechtigt glaubt, mich einen „wissenschaftlichen Laien" zu nennen.

Herr von Knebel scheint nicht zu wissen, daß ich mit dieser Ansicht, also auch mit dieser Anmaßung, nicht allein dastehe und auch gar nicht die Ehre in Anspruch nehme, darüber ein persönliches Urteil fällen zu wollen. Es gibt eine ganze Reihe geologischer und physikalischer Fachmänner, die sich völlig darüber klar sind, daß die Grundlage der Stübelschen Theorie nicht durch die Erfahrung gegeben, sondern durchaus dogmatischer Natur ist. Unter anderem sagt Prof. E. Kayser in der neuesten Auflage seines „Lehrbuches der Geologie" (Stuttgart 1905), Seite 582 wörtlich, daß der Ausgangspunkt der Stübelschen Lehre „mit den Gesetzen der Physik unvereinbar erscheint", und denselben Standpunkt vertritt in der neuesten Auflage seiner „Grundzüge der Gesteinskunde", Freiburg 1906, Prof. E. Weinschenk, indem auch er die Lehre Stübels für unhaltbar erklärt, sobald sich erweisen läßt, daß ihre Grundlage der Kritik nicht standhält.

Diese Grundlage bildet nun aber die Stübelsche Hypothese (l. c. pag. 4), „daß im Verlaufe des Erkaltungsprozesses des glutflüssigen Magmas auch eine Phase der molekularen Volumenvergrößerung eintrete, die mit einer ungeheuren, sich stetig steigernden Kraftäußerung verbunden sein kann, und daß gerade diese Phase es sei, durch welche das zeitweise Hervorbrechen glutflüssiger Materie bewirkt wird." Aus dieser zunächst „dogmatischen" Eigenschaft des silikatischen Schmelzflusses leitet Stübel im weiteren die Entstehung der Panzerdecke und der peripherischen Herde ab.

Man wird zugeben müssen, daß die Stübelsche Hypothese nebst ihren Folgerungen erst dann realen Wert erhält, wenn sie durch Beobachtung oder richtiger durch das Experiment bestätigt worden ist. Untersuchungen nach dieser Richtung sind nun aber von Mineralogen, Geologen und Physikern mehrfach angestellt worden. So hat der Grazer Professor Cornelio Doelter sehr eingehende Experimente mit Schmelzflüssen von Mineralien und Gesteinen gemacht („Die Dichte des flüssigen und des festen Magmas." Neues Jahrbuch für Mineralogie, Band 2, 1901) und dabei Ergebnisse erzielt, welche durchaus mit der Stübelschen Annahme im Widerspruch stehen. Und weiter, die sorgfältigen Bestimmungen des spezifischen Gewichtes durch Carl Barus (Bull. U. St. Geological Survey, Nr. 103, 1893) haben gezeigt, daß die Silikate beim Schmelzen keine Volumenverminderung, sondern umgekehrt eine starke Volumen-

vermehrung erfahren.*) Endlich haben die Beobachtungen von Dutton am Lavasee des Kilauea auf Hawaii gelehrt (Annual Report U. St. Geolog. Survey, 1883), daß das Schwimmen der erstarrten Lavaschollen auf ihrer flüssigen Unterlage keineswegs (ähnlich wie beim Eis) auf eine Volumenvermehrung zurückzuführen ist, sondern einerseits mit der Zähflüssigkeit und Oberflächenspannung, andererseits mit der reichlichen Menge der in den Poren der festen Lava absorbierten Gase zusammenhängt. Es liegt hier ein analoges Verhalten vor wie beim Schaum des Meeres, der ja auch auf dem Meereswasser schwimmt, obwohl er keineswegs spezifisch leichter als Wasser ist.

Solche Forschungsergebnisse dürfen aus Liebe zur Stübelschen Hypothese und der daraus gezogenen Schlüsse nicht einfach zurückgewiesen werden, auch darf man dieselben nicht mit dem Einwand entkräften wollen, daß die Verhältnisse unter hohem Druck im Erdinnern anders sein können; denn bei der Unzugänglichkeit des Erdinnern wird ja schließlich doch das Experiment hier oben die Grundlage aller unserer geophysikalischen Erwägungen bilden müssen.

Nun hat Herr von Knebel die neueren trefflichen Experimente von Gustav Tammann (Kristallisieren und Schmelzen, Leipzig 1903) als eine hochbedeutsame Verifikation für die Stübelsche Hypothese herangezogen. Diese Versuche haben eine sehr wesentliche Erweiterung der schon bekannten Tatsache erbracht, daß der Schmelzpunkt der verschiedenen Substanzen in genetischem Zusammenhang mit dem auf der Substanz lastenden Druck steht. Tammann hat seine Versuche in einem Druck-

*) Die Überführung der festen Körper in den flüssigen Zustand bringt, da die Kohäsion bei letzterem beträchtlich kleiner ist als bei ersterem, jedenfalls eine Lockerung in dem Zusammenhang der Moleküle mit sich. Entsprechend dieser Lockerung ist beim Schmelzen eine Volumenänderung der Körper zu erwarten, und zwar im allgemeinen eine Volumenvergrößerung. Eine Ausnahme von dieser Regel macht Wasser, da Eis spezifisch leichter als Wasser ist. Bei einigen Metallen (Wismut und Eisen) glauben Nies und Winkelmann (Wiedem. Ann. Bd. XIII) eine Zusammenziehung beim Übergang in den flüssigen Zustand festgestellt zu haben; sie fanden nämlich, daß das feste auf dem flüssigen Metall schwimmt. Wiederholte Versuche von E. Wiedemann (Wiedem. Ann. Bd. XX) und von Roberts und Wrigth (Nature, Band XXIV) haben erwiesen, daß die Ergebnisse von Nies und Winkelmann nicht einwandsfrei sind; eine befriedigende Erklärung des von diesen beiden Beobachtern gefundenen Schwimmens des festen auf dem flüssigen Metall läßt sich zur Zeit allerdings noch nicht geben, vielleicht aber spielen dabei Strömungen in der flüssigen Masse, der Grad der Zähflüssigkeit und die Oberflächenspannung eine Rolle. Die Befunde von Nies und Winkelmann haben den Geophysikern vielfach Anlaß zu Spekulationen gegeben und auch wohl Stübel zu seiner Hypothese veranlaßt.

intervall bis zu 10000 kg und in einer Temperaturbreite von —80° bis + 200° ausgeführt und kam zu dem überraschenden Resultat, daß die Schmelztemperatur bei Druckzunahme zwar steige, aber nur bis zu einem gewissen kritischen Punkt, über den hinaus trotz vergrößerten Druckes eine Erhöhung des Schmelzpunktes nicht stattfindet, sondern im Gegenteil eine Abnahme beobachtet wird. Haben aber diese schönen Untersuchungen Tammanns eine Bestätigung der Stübelschen Grundhypothese erbracht? Keineswegs! Es ist vielmehr darauf zu erwidern, daß die Konsequenzen der Tammannschen Untersuchungen sich wohl in mancher Hinsicht mit den Folgerungen decken, welche Stübel aus seiner Hypothese zieht, daß diese Untersuchungen aber weit davon entfernt sind, zur Bestätigung der letzteren zu dienen.

Den Beweis hierfür hat der Wiener Prof. H. Tertsch in einem Aufsatz „Neuere Versuche zur physikalischen Lösung des Problems vom Erdinnern", der in einem der letzten Hefte der „Geographischen Zeitschrift" von Hettner (Jahrg. XIII, Heft 4) veröffentlicht ist, erbracht. Prof. Tertsch zieht darin mit großer Kürze und mathematischer Schärfe die Folgerungen, welche sich aus den Tammannschen Experimenten bezüglich der Bildung von Lavareservoiren in der Erdrinde und bezüglich des Verhaltens des Magmas bei Ausbrüchen ergeben. Er kommt zu Resultaten, welche sich, wie gesagt, vielfach mit den Konsequenzen der Stübelschen Lehre decken, aber — und das ist der Kernpunkt, um den sich die ganze Polemik des Herrn von Knebel dreht (Tag 116) — er kommt auch zu dem Ergebnis, daß die Hypothese, auf welcher Stübel seine Panzerdecke und peripherischen Herde aufgebaut hat, nämlich die Annahme, daß das unter dieser Decke befindliche Magma sich in einem bestimmten Zustande der Abkühlung ausdehne, „weil durchgehends unbegründet, nicht energisch genug zurückgewiesen werden kann".

Herr von Knebel hat mich ferner angegriffen, weil ich die Kontraktionshypothese in dem obengenannten Vortrag erwähnt habe, nicht „weil er sie für veraltet hält, sondern weil sie allein zur Erklärung der Beobachtungstatsachen nicht ausreiche". Letzteres weiß ich sehr wohl; die Modifikationen, welche Mellard Reade, Richthofen und andere Geophysiker dieser Hypothese gegeben haben, sind mir bekannt. Aber ein Streit ist hier eine höchst überflüssige Sache, denn ich habe ja gar nicht behauptet, daß die Kontraktionshypothese zur Erklärung aller Erscheinungen ausreiche, und in einem populärwissenschaftlichen Vortrag hätte ich auch nicht die Zeit gefunden, auf allerlei Bedenken einzugehen. Aber erwartet denn Herr von Knebel überhaupt bei dem

gegenwärtigen Stand der endogenen geologischen Wissenschaft von einer Hypothese, daß sie für alle Fälle ausreiche? Wer über die Grundlagen des Naturerklärens nur einigermaßen unterrichtet ist, der weiß, daß es das Schicksal aller Hypothesen ist, nicht alles erklären zu können. Selbst eine so weittragende Hypothese, wie sie Maxwell seiner elektromagnetischen Theoric zu Grunde gelegt hat — eine Hypothese, die bekanntlich die glänzende Entdeckung eines Hertz prädestinierte, war bislang nicht imstande, alle Erscheinungen erklären zu können!

Beachtenswert ist es, daß Prof. Tertsch in der oben genannten Arbeit gezeigt hat, daß aus den Tammannschen Versuchen nur dann die von Stübel dogmatisch angenommene Eruptionsfähigkeit des Magmas gefolgert werden kann, wenn man auf die von Herrn von Knebel als so unzulänglich hingestellte Kontraktionsthypothese zurückgreift.*)

Ehe Herr von Knebel solche Angriffe in die Welt schickt, wie er es getan hat, kann man ihm nur raten, sich etwas genauer in die Materie hineinzudenken Durch bloße Invektiven beweist man seine geistige Superiorität nicht.

P. Schwahn.



Zur Umschmelzung des Magnesiumoxyds.

Auf Seite 177 dieses Jahrgangs dieser Zeitschrift wird im Anschluß an die Publikationen von H. M. Goodwin und R. D. Maily die Umschmelzung des Magnesiumoxyd zu einem kristallinischen Produkt (erhalten durch Erhitzen im elektrischen Flammenbogenofen) besprochen. Es wird dort das umgeschmolzene Produkt als eine „neue Substanz“ bezeichnet und also wohl auch von Goodwin und Maily selbst als neu aufgefaßt, während doch die Angaben der Autoren es klar erkennen lassen, daß diese Substanz mit dem seit mehr als 80 Jahren bekannten Mineral Periklas übereinstimmt, denn Goodwin und Maily geben als spezifisches

*) Wenn eine Druckentlastung, etwa durch Spaltenbildung, in der Erstarrungskruste der Erde stattfindet, wäre es denkbar, daß die durch diese Druckabnahme bedingte Auflösung bereits verfestigter Teile der Erstarrungskruste und des Tammanschen Kristallisationsgürtels unter Volumenzunahme erfolgt und so das Magma, da es in den bestehenden Raumverhältnissen (peripherischen Herden) nicht existieren kann, Eruptionsfähigkeit erlangt. Also gerade der umgekehrte Vorgang, der Übergang vom festen in den flüssigen Zustand, könnte vulkanische Eruptionen erzeugen (siehe auch: Doelter, Petrogenesis, Braunschweig 1906, S. 13).

Gewicht ihres Produkts ungefähr 3,5 an, dasjenige des Periklas beträgt aber nach de Schulten 3,566 (Bull. soc. fr. miner. 1898, 21, pag. 87). Der Härtegrad des umgeschmolzenen Produktes ist nach Goodwin und Maily etwa von gleicher Ordnung wie der des durchsichtigen Apatits (also gleich 5), derjenige des Periklas nahezu gleich 6 gemäß einer Angabe in Danas System of mineralogy 1900. In Anbetracht der bekannten Schwierigkeit genauer Härtebestimmungen darf diese nur annähernde Übereinstimmung nicht wundernehmen. Daß die Verfasser von einem „marmorartigen Gefüge" ihrer Substanz sprechen, erklärt sich offenbar dadurch, daß sie die würfelförmige Spaltbarkeit des Brucits vor sich hatten, welche in der Tat stark an die rhomboedrische des Kalkspat erinnert.

In einer zur Zeit im Druck befindlichen, im Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Stuttgart, Jahrgang 1907, erscheinenden Notiz mache ich genauere Angaben über das durch Umschmelzen von Magnesiumoxyd erhaltene kristallinische Produkt, und zwar entstammt mein Ausgangsmaterial der Frankfurter Gold- und Silberscheideanstalt, welche im elektrischen Flammenbogenofen mit Strömen von 3000 Ampère die Umschmelzung vollzieht. In dieser Notiz ist durch Bestimmung der kristallographischen optischen Eigenschaften die völlige Identität meines Produktes mit dem unter anderem am Vesuv natürlich aufgefundenen Mineral Periklas nachgewiesen.

E. Sommerfeldt.



Pilzzüchtende Borkenkäfer.

Wer wüßte es nicht, daß viele Ameisenarten Gartenbau treiben, Pilze züchten, Getreidekörner sammeln und manche andere Handlungen ausführen, die einen Schluß auf hohe Intelligenz gerechtfertigt erscheinen lassen. Ja heute klingen einem diese seltsamen Tatsachen, die bei ihrem Bekanntwerden allgemeinem Unglauben begegneten, kaum noch wunderbar. Sind wir doch überhaupt rasch geneigt, das Staunen zu verlernen, wenn wir nur häufiger über eine Sache reden hören. Weniger bekannt dürfte es sein, daß auch Vertreter des Käfergeschlechts, denen man im allgemeinen keinen sehr großen Verstand zuzuschreiben pflegt, sich als geschickte Pilzzüchter betätigen. In der Naturw. Wochenschrift gibt Hagedorn eine sehr interessante Zusammenfassung über diese merkwürdigen Gesellen.

Nach ihrer Lebensweise können wir zwei große Gruppen in der Familie der Borkenkäfer (Ipidae) unterscheiden, von denen die einen ihren Wohnsitz zwischen Rinde und Splint des Wirtsbaumes haben und von dessen Substanz selbst leben, während die anderen ihre Gänge tief in das Holz hineinbohren. Mit diesen letzteren wollen wir uns hier beschäftigen, denn in ihnen haben wir die Pilzzüchter vor uns. Entsprechend der differenten Art der Ernährung sind die zum Kauen dienenden Mundwerkzeuge bei beiden, sonst so ähnlich erscheinenden Gruppen recht verschieden ausgebildet, denn die Rindenfresser gebrauchen natürlich kräftigere Unterkiefer als die von den zarten Pilzfäden sich nährenden Formen. Die Gänge der Holzbohrer werden allein von dem Mutterkäfer angefertigt und sind in all ihren Verzweigungen von gleicher Dicke. Das Bohrmehl und die Auswurfsstoffe werden sorgfältig aus der Wohnung herausgeschafft. Lange schon war es den Forschern aufgefallen, daß die Wände der Bohrgänge mit dichtem Pilzrasen bedeckt erschienen. Das Holz nimmt in der Umgebung der Pilze eine schwarze Färbung an, und man erhält den Eindruck, als wären die Gänge mit einem glühenden Draht gebrannt worden. Diese dunkle Verfärbung ist charakteristisch für die Gangsysteme der Holzbohrer. Von den hierher gehörenden Käfern legen die Gattungen Platypus und Xyleborus gemeinsame Kammern an, die durcheinander Eier, Larven, Puppen und ausgebildete Tiere beherbergen. Bei den Gattungen Xyloterus, Corthylus und Pterocyclon dagegen ist eine geordnete Brutpfleg ausgebildet; jede Larve steckt in einer besonderen, von dem Mutterkäfer ausgenagten Zelle und wird hier sorgsam mit den Pilzfäden gefüttert.

Nach den Untersuchungen Hubbards soll jede einzige pilzzüchtende Borkenkäferart ihren spezifischen Pilz besitzen und züchten; nur selten kommt es vor, daß zwei nahe verwandte Arten denselben Pilz besitzen. Die Kultur des Pilzes scheint von der Natur des Wirtsbaumes ziemlich unabhängig zu sein. So finden wir z. B., daß dieselbe Käferart auch den nämlichen Pilz baut, gleichgültig ob sie ihre Wohnung in einem Laubbaume oder in Nadelhölzern aufgeschlagen hat. Während man bei den Gattungen der Holzbohrer mit gemeinsamen Familienwohnungen hauptsächlich Pilze mit aufrechtstehenden Fruchtträgern findet, die an ihren Enden kuglich aufgetriebene Zellen, Conidien, tragen, züchten die Käfer mit geordneter Brutpflege Pilze, die in Gestalt von Ketten kuglicher Zellen, welche in unregelmäßiger Anordnung nebeneinander liegen, auftreten. Alle Pilze zeichnen sich durch großen Saftreichtum aus. Besonders die Conidien glänzen wie „Tautropfen", und da sie in den Zeiten des starken Wachstumes massenhaft produziert werden, sehen die Wandungen der Freßgänge aus, als wären sie mit „Raureif" über-

zogen. Als Hauptnahrung der Larven dienen die frischen Fruchtträgerspitzen mit den saftigen Conidien, „sie rupfen sie ab wie Kälber die Blütenköpfchen des Klees“. Die erwachsenen Käfer dagegen sind sparsamer und weiden den Pilzrasen immer bis zum Boden ab. Das ist aber auch notwendig, denn bei der starken Vermehrung und dem schnellen Wachstum kann der Pilz zu einer unmittelbaren Gefahr werden und die Tiere durch seine Masse ersticken. Besonders bei geschwächten und personenarmen Familien wird diese Gefahr akut. Die Tiere vermögen das Wachstum der Pilze nicht einzudämmen und ersticken, nachdem sie in ihrer Angst vorher Pilzkulturen, Eier und Larven zu einem kleisterartigen Brei zertreten haben.

Wie bei den pilzbauenden Ameisen wachsen auch in diesem Falle die Pilze nicht zufällig, sondern sind vollständig auf die Pflege der kleinen Gärtner angewiesen. Die Käfer pflanzen die Pilzfäden auf vorsichtig vorbereiteten Beeten von Holzmehl und düngen sie mit einem Teile ihrer Exkremente, während der Überschuß zum Neste herausgeschafft wird. Da zum Gedeihen des Gemüses eine gewisse Feuchtigkeit gehört, so findet man die Holzbohrer niemals in vollständig abgestorbenen und ausgetrockneten Bäumen. Deckt man die Wohnung der Pilzzüchter auf, so stürzen sich die Tiere erschreckt auf ihre Kulturen, und jedes sucht in Hast, so viel es kann, für sich zu retten. Th.



Vom Hagelschiessen.

Die Versuche, die Gefahr des Hagelschlages durch Abfeuern von Kanonen oder durch das Steigenlassen von Raketen abzuwenden, sind keineswegs neu. Von den Anhängern dieser Bestrebungen und besonders von den Erfindern einschlägiger Schießapparate kann man über die erzielten Erfolge viel Günstiges hören. Seitens des italienischen Ministeriums sind nun Untersuchungen über den Nutzen und die Zuverlässigkeit dieses Verfahrens in großem Maßstabe in die Wege geleitet worden. An die Spitze dieses Unternehmens wurde der Römische Gelehrte, Senator P. Blaserna gestellt, dem das Verdienst gebührt, die Untersuchungen mit großer Umsicht und, trotz der oft keineswegs entgegenkommenden Haltung der Bevölkerung, mit großer Ausdauer durchgeführt zu haben, so daß an der Zuverlässigkeit des nunmehr gewonnenen statistischen Materials Zweifel kaum bestehen können. Die Versuche wurden im Gebiete von Castelfranco in der Provinz Venedig angestellt, auf

einer Landfläche von 6000 ha, die unter Hagelschlägen besonders stark zu leiden hat. Wie nun Herr P. Blaserna der Reale Accademia dei Lincei mitteilt (siehe Lincei Rendiconti (5) **15** [2], 680—681, 1906) sind diese Versuche, bei denen Kanonen und Raketen der verschiedensten Konstruktionen zur Verwendung gelangten, durchaus ergebnislos verlaufen. Es ließ sich auch nicht die geringste Schutzwirkung gegen Hagelschlag feststellen, eher eine größere Häufigkeit derartiger Niederschläge. Herr Blaserna erachtet die Frage des Hagelschießens, soweit Italien in Betracht kommt, hiermit für abgetan. Nur in Frankreich werden die Versuche, allerdings mit bereits sinkendem Eifer, noch fortgesetzt. Herr Blaserna vergleicht diese ganze Bewegung treffend mit einer Flutwelle, die von Österreich ihren Ausgang genommen und sich über Italien ergossen hat, um nun allmählich in Frankreich zu verebben. —

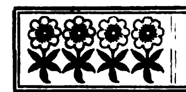
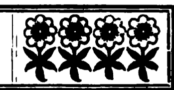
Ob wohl die Welle, welche gegenwärtig Deutschland überflutet, die Quellensucherei mit der Wünschelrute, auch bald einmal in gleicher Weise verebben wird? Mi.



Auch ein Ersatz für menschliche Arbeitskraft.

Nach einer Mitteilung, welche die Elektrotechnische Zeitung (**27**, 775, 1905) dem Western Electrician (**39**, 36, 1906) entnommen hat, ist es der Central Union Telephone Company zu Lafayette im Staate Indiana (USA) gelungen, einen ebenso eigenartigen wie einfachen und billigen Ersatz für menschliche Arbeitskraft zu finden. Die genannte Gesellschaft bedient sich nämlich zum Einziehen der Seile in die Kabelröhren der Frettchen. Die feine Witterung und die Fleischgier dieser Tiere sind ja allgemein bekannt. Es wird nun folgendermaßen verfahren: Dem Frettchen wird eine Art von Geschirr angelegt, an welchem das eine Ende des durchzuziehenden Seiles befestigt wird. Darauf führt man das Tier in den Eingang der Röhre ein, während man an den Ausgang etwas frisches Fleisch als Lockmittel legt. Das Frettchen wittert alsbald das Fleisch und stürzt mit großer Schnelligkeit darauf zu, dabei das Seil hinter sich herziehend. Nach den Angaben des amerikanischen Blattes soll auf diese Weise in einer Stunde eine Arbeit geleistet werden, zu der bei gewöhnlichem Betriebe zwölf Mann einen ganzen Tag brauchen würden. Es mag dahingestellt bleiben, ob eine solche Bilanz mehr zugunsten der Leistungsfähigkeit der Frettchen oder gegen die Arbeitsfreudigkeit der Kabelleger von Lafayette spricht. Mi.



 Himmelserscheinungen. 

Übersicht über die Himmelserscheinungen
für Juli, August und September 1907.

1. **Der Sternenhimmel.** Am 15. Juli um 11 Uhr, am 15. August um 9 Uhr, am 15. September um 7 Uhr ist die Lage der Sternbilder gegen unsern Horizont die folgende:

Im Süden kulminieren in geringer Höhe die glänzendsten Partien der Milchstraße, die sich hier östlich vom Zenit, beinahe dem Meridian entlang herunterzieht. Ganz unten am Horizont finden wir das südlichste Sternbild der Ekliptik, den Schützen, in ihm den rötlichen Planeten Mars in der geringen Kulminationshöhe von 9°. Rechts vom Schützen und bereits aus der Milchstraße heraustretend stehen die 6 glänzenden, in 2 geradlinige Gruppen zu dreien geordneten Sterne des Skorpions. Der Name des Hauptsterns Antares hat die Bedeutung „dem Ares gleichend", d. h. rötlich wie Mars, und man kann die Berechtigung dieses Namens durch den Augenschein feststellen, da Mars nur etwa 30 Grad östlich und ungefähr in gleicher Höhe steht. Folgen wir der Milchstraße aufwärts, so finden wir noch ein wenig östlich der Mittagslinie das große gleichschenklige Dreieck aus den 3 Sternen Atair, Wega und Deneb gebildet. Atair im Adler ist der unterste dieser Sterne und leicht daran kenntlich, daß ihn 2 Sterne in gerader Linie einschließen. Der hellere γ Aquilae, auch Tarazed oder „der raubende Falke" genannt, steht über, β Aquilae unter Atair. Verlängern wir diese Linie gerade nach unten, so finden wir im vierfachen Abstand die beiden Hauptsterne des Steinbocks α oder Algedi und β ebenso weit auseinander wie α und β des Adlers. Dagegen würde die Linie durch die Adlersterne nach oben im gleichen Abstande wie Algedi den Stern Albireo oder β im Schwan treffen. Dieser bildet das untere Ende des noch östlich vom Zenit liegenden Kreuzes des Schwanes, in welchem bei α und γ die Milchstraße sich zu dichten Knoten zusammendrängt. Hier suchen und finden wir auch in den klaren Nächten, welche uns vielleicht ein Ferienaufenthalt auf dem Lande oder an der See schenkt, die uns nächste Sonne in diesem Sternengewimmel, den Stern 61 im Schwan. Er ergänzt als 4. Ecke ein regelrechtes Parallelogramm, dessen 3 andere Ecken α, γ und ε Cygni sind. γ ist der Durchschnitt der beiden Kreuzbalken des Schwanes, ε das linke Ende des kurzen Kreuzbalkens. 61 Cygni ist 5. Größe, also bei guter Luft unschwer zu sehen. Genau südlich vom Zenit, aber von uns für den Zenitpunkt selbst gehalten, ist Wega, neben welcher links ein gutes Auge den Stern ε Lyrae doppelt sieht. In Westen ist dem Skorpion die Wage mit ihren beiden Sternen 2. Größe vorgelagert; recht tief im Westsüdwest steht bereits die Spica. Über ihr ist Arktur mit den Bootessternen ein alter Vertrauter vom Frühjahr her; desgleichen die schöne nördliche Krone mit dem Edelstein Gemma über dem Bootes. Von diesen nehmen links den Raum bis zur Milchstraße die Bilder der Schlange, des Schlangenträgers und des Herkules ein. Im Osten aber ist das große Sternbild des Wassermanns nahezu ganz aufgegangen, und darüber liegt schon der

Pegasus, an den sich nach links, hoch im Osten die Andromeda anschließt. Wer diese beiden Bilder noch nicht kennt, könnte sich in der Täuschung befinden, den großen Bären vor sich zu haben, denn die 3 Sterne γ, β, δ der Andromeda bilden die Deichsel, α Andromedae und β, α, γ des Pegasus die 4 Räder eines sehr großen Himmelswagen, ganz ähnlich den beiden Bären. Über β Andromedae, dem mittleren Deichselstern, findet ein gutes Auge in mondlosen Nächten den Nebelfleck, wenn es ebenso weit senkrecht zur Deichsel in die Höhe geht, wie der Stern δ rechts daneben steht.

Wir wenden uns gen Norden und finden an ewig gleicher Stelle in der Höhe von $52^1/_2{}^0$ den Polarstern. Links von ihm steht der große Bär, die Deichsel nach oben gestreckt, rechts aber in der Milchstraße die Cassiopea mit ihren 5 bekannten Sternen. Der Rhombus des Cepheus liegt hoch über ihr, und an diesen schließt sich der Drache, dessen Kopf mit seinem historisch bedeutsamen Sterne γ fast genau im Zenit steht, als wollte er von neuem zur Bestimmung der Aberrationskonstante auffordern. Der Drachenschwanz schlingt sich von dort links über den großen Bären hin und trennt diesen von den 7 Sternen des kleinen Bären. Ganz tief am Nordhorizont finden wir Capella, die Ziege, und links neben ihr β Aurigae; der nach rechts gegen die Cassiopea hin sich anschließende Perseus ist noch nicht vollständig aufgegangen. Wohl ist Algenib gut sichtbar, Algol aber, der bekannte Veränderliche, steht noch recht tief.

In der Mittagslinie stehen um 9 Uhr abends die folgenden Sterne, deren Rektaszension dann die Sternzeit anzeigt, während ihre Deklination um $37^1/_2{}^0$ vermehrt die Kulminationshöhe bestimmt. Nur Sterne heller als $3.^m3$ sind aufgeführt.

Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination	Tag	Name	Grösse	Rektaszension	Deklination
Juli 2	α Coronae	2.2	15h 30m 46s	+27° 1'.8	Aug. 8	γ Sagittarii	3.0	17h 59m 52s	−30° 25'.5
4	α Serpentis	2.5	15 39 43	+ 6 43.1	13	η Serpentis	3.2	18 16 32	− 2 55.3
5	μ „	3.3	15 44 48	− 3 8.7	17	α Lyrae	1	18 33 49	+38 42.1
8	δ Scorpii	2.3	15 54 52	−22 21.5	20	β „	3.3	18 46 41	+33 15.5
9	β „	2.6	16 0 3	−19 33.1	21	σ Sagittarii	2.1	18 49 32	−26 24.7
11	δ Ophiuchi	2.8	16 9 30	− 3 27.3	23	γ Lyrae	3.2	18 55 30	+32 34.0
12	ε „	3.2	16 13 26	− 4 27.9	24	ζ Aquilae	3.0	19 1 10	+13 43.7
15	α Scorpii	1.2	16 23 44	−26 13.6	24	λ „	3.2	19 1 21	− 5 1.2
16	β Herculis	2.6	16 26 15	+21 41.7	25	π Sagittarii	2.9	19 4 16	−21 10.2
17	ζ Ophiuchi	2.6	16 32 4	−10 22.7	29	δ Aquilae	3.3	19 21 51	+ 2 56.0
19	ζ Herculis	2.7	16 37 49	+31 46.5	31	β Cygni	3.0	19 27 0	+27 46.1
19	η „	3.3	16 39 44	+39 6.2	Sept. 3	γ Aquilae	2.7	19 41 52	+10 23.4
22	κ Ophiuchi	3.2	16 53 18	+ 9 31.3	3	δ Cygni	2.8	19 42 6	+44 54.5
25	η „	2.4	17 5 5	−15 36.6	4	α Aquilae	1	19 46 17	+ 8 37.6
27	α Herculis	3.0	17 10 26	+14 29.9	10	ϑ „	3.1	20 6 32	− 1 5.6
27	δ „	3.0	17 11 14	+24 57.1	12	β Capricorni	3.1	20 15 49	−15 4.3
27	π „	3.1	17 11 50	+36 55.0	13	γ Cygni	2.3	20 18 55	+39 57.9
28	ϑ Ophiuchi	2.2	17 16 20	−24 54.4	18	α „	1.3	20 38 18	+44 57.2
Aug. 1	α „	2.1	17 30 39	+12 37.8	19	ε „	2.4	20 42 29	+33 37.6
3	β „	2.8	17 38 54	+ 4 36.5	25	ζ „	3.1	21 9 1	+29 51.1
4	μ Herculis	3.3	17 42 51	+27 46.7	30	β Aquarii	2.9	21 26 42	− 5 59.6

2. **Veränderliche Sterne.** Algol, der für gewöhnlich die Helligkeit 2.3^m hat, im Minimum 3.4^m ist, hat vor Mitternacht Minima an folgenden Tagen:

Juli 11	9^h	20	Aug. 3	7^h	52	Sept. 12	11^h	18
31	11	3	23	9	35	15	8	6
			26	6	24			

Hierbei ist bereits an die Ephemeride nach van Biesbrock die Korrektion -57^m angebracht worden.

Der Stern o Ceti, Mira im Walfisch, ist im kleinsten Lichte am 11. Juli. Er ist dann gewöhnlich 9. Größe und mit bescheidenen Hilfsmitteln vollkommen unsichtbar. Hierauf beginnt er wieder zu steigen und wird am 15. November sein Maximum erreichen.

Der veränderliche η Geminorum von langer Periode ist am 30. August im kleinsten Licht.

3. **Planetenlauf.** Merkur ist immer noch bei ungewöhnlich günstiger Sichtbarkeit in östlicher Elongation. Er geht anfangs $9^h\ 40^m$ unter, und man findet ihn im Krebs südlich der Preasepe, anfangs rechtläufig. Am 10. Juli wendet er zur Rückläufigkeit um und beendet wenige Tage später seine diesmal so lange Sichtbarkeit am Abendhimmel. Am 24. um 16^h ist er in unterer Konjunktion mit der Sonne, aber auch am Morgenhimmel kommt er dann in eine günstige Sichtbarkeitsperiode. Schon am 11. August taucht er wieder rechtläufig im Krebs auf und ist etwa bis zum 21. zu sehen, indem er um $^1/_2 4^h$ aufgeht. Bereits am 6. September 17^h ist er in oberer Konjunktion mit der Sonne, wird aber später am Abendhimmel nicht mehr zu sehen sein.

Venus ist immer noch Morgenstern und im Stier rechtläufig. Sie geht anfangs $^1/_2 3^h$ früh auf, tritt am 10. Juni in die Zwillinge, bis zu deren Ostende sie gerade am letzten Juli gelangt ist. Sie kommt hier am 1. August in eine enge Konjunktion mit Jupiter, die aber bereits durch die Dämmerung etwas gestört wird. Die Fortsetzung ihrer rechtläufigen Bewegung durch den Krebs bis zum 18. August führt sie nun allmählich in die Morgendämmerung hinein. Ob es noch möglich ist, am 27. August ihre Konjunktion mit Regulus, den sie 53′ nördlich passiert, zu beobachten, bleibt fraglich. Am 14. September ist sie um 14^h in oberer Konjunktion mit der Sonne. Sie kommt dann an den Abendhimmel, bleibt aber zunächst noch in der Abenddämmerung verborgen. Am 9. Juli und 7. August findet man die schmale Sichel des abnehmenden Mondes in ihrer Nähe.

Mars ist am 6. Juli um 4^h in Opposition mit der Sonne. Sein Abstand von der Erde nimmt noch ein wenig weiter ab und sinkt am 13. Juli auf das diesjährige Minimum von 61.3 Millionen Kilometer. Diese günstige Gelegenheit, den interessanten Planeten zu beobachten, wird leider für unsere Breiten vollständig gestört durch die ungewöhnlich südliche Stellung des Mars, der am 29. Juli bis zu 28° 54′ südlicher Deklination hinabgeht. Er ist rückläufig im Schützen bis zum 9. August, von da ab wieder rechtläufig. Gegen Ende September nähert er sich der Grenze nach dem Steinbock. Er geht am 1. Juli um $9^1/_2{}^h$ auf, am 1. August um 7^h, am 1. September um $5^1/_4{}^h$ und ist sonach schon von Mitte Juli an von Anbruch der Dunkelheit ab über dem Südosthorizont. Sein Untergang erfolgt am 1. Juli um $15^1/_2{}^h$, am 1. August um $12^3/_4{}^h$, am 1. September um $11^1/_4{}^h$, am 30. September um $10^1/_2{}^h$. Erst im Winter wird er in günstigere Deklinationen kommen; freilich steigt zugleich sein Abstand dann auf das 3-fache der günstigsten Annäherung an die Erde.

Jupiter ist noch am Abendhimmel in den Zwillingen rechtläufig, steht aber bereits der Sonne zu nahe. Am 15. Juli um 20^h in Konjunktion mit der Sonne, kommt er nun an den Morgenhimmel, wo sich ihm Venus von rechts nähert. Wie bereits erwähnt, steht jene am 1. August nur 19' nördlich von Jupiter; von da ab steht Jupiter weiter nach rechts von der Sonne ab wie Venus. Am 10. August wird auch Merkur den Jupiter einholen. Er bleibt aber über 2^0 südlich von dem großen Bruder. Nun wird Jupiter auch leichter sichtbar. Er geht am 15. August um $14^1/_2{}^h$ auf; er ist jetzt in den Krebs eingetreten und kommt bis Ende September dicht über δ Cancri zu stehen. Er geht dann bereits $^1/_2$ Stunde nach Mitternacht auf. Am 7. August und 4. September sind sichtbare Konjunktionen mit dem Monde.

Saturn ist, wie wir im vorigen Berichte gehört haben, ohne sichtbare Ringe. Die Erde steht südlich der Ringebene, die Sonne nördlich derselben, und somit blicken wir gegen die nichtbeleuchtete Seite der flachen Ringscheibe. Dies ändert sich am 26. Juli, wo die Ringebene erweitert durch die Sonne hindurchgeht, so daß diese nunmehr ebenfalls südlich steht und die Sonnenstrahlen von da ab die von der Erde sichtbare Fläche des Ringes treffen, allerdings anfangs unter sehr spitzem Winkel. Es wird eine interessante Aufgabe für die Riesenfernrohre sein, den Zeitpunkt scharf zu bestimmen, wann das Ringsystem zuerst wieder sichtbar wird. Saturn ist dann im Südzipfel der Fische unschwer zu beobachten. Er geht am 1. Juli um $11^3/_4{}^h$ auf, ist am 10. im Stillstand und von da ab rückläufig, erscheint am 1. August um $9^1/_2{}^h$, am 1. September um $7^1/_2{}^h$ und am letzten September, wo er rückläufig bereits wieder die Grenze zum Wassermann überschreitet, um $5^3/_4{}^h$ im Ostsüdosten. Am 1. Juli, 28. Juli, 24. August und 21. September ist Saturn in Konjunktion mit dem Monde.

Uranus ist am 3. Juli in Opposition mit der Sonne. Wie bekannt, steht er recht ungünstig unter ν^1 des Schützen und wandert von diesem rückläufig bis zum 19. Dezember nach rechts. Als eine Gelegenheit, ihn aufzufinden, kann es kaum betrachtet werden, daß Mars sowohl am 19. Juli in Konjunktion mit ihm ist, 5^0 südlicher, als auch von neuem am 25. August gar $5^1/_2{}^0$ südlicher, denn beide Planeten sind schwer zu sehen, Uranus wegen seiner geringen Helligkeit, Mars wegen seiner geringen Höhe.

Neptun ist am 5. Juli in Konjunktion mit der Sonne und wird daher, da er weiterhin nur in den Morgenstunden sichtbar ist, wohl kaum beobachtet werden.

4. **Sternschnuppen.** Am 31. Juli fallen Sternschnuppen aus dem Schwan; vom 9.—11. August spielt der Radiant der Perseiden. Es sind meist helle Sternschnuppen, die in den frühen Abendstunden in geringer Höhe im Nordosten aufleuchten.

5. **Saturntrabanten.** Während die Beobachtung in der Jupiterwelt unmöglich ist, da Jupiter der Sonne zu nahe steht, fallen im Saturnsystem zahlreiche Verfinsterungen vor, die bequemer zu beobachten sind. Leider fallen die Mondfinsternisse, die Titan, der hellste Saturnmond, erleidet, alle in die Tageshelle, aber für den nächsthellen Mond Rhea seien folgende Zeiten angegeben:

Eintritt in den Saturnschatten:	Aug.	4^d 9^h 38^m	13^d 10^h 33^m	31^d 12^h 22^m
Austritt aus dem „	Juli	17^d 11^h 34^m	26^d 12^h 28^m	
	Aug.	4^d 13^h 22^m	13^d 14^h 17^m.	

6. **Sternbedeckungen** durch den Mond (sichtbar für Berlin):

Tag	Stern	Größe	Eintritt	Austritt	Positionswinkel[1]) d. Eintritts	d. Austritts	Alter des Mondes[2])
Juli 23	ν^1 Sagittarii	5.0	9h 11.9m	10h 21.7m	98°	268°	13
	ν^2 "	5.0	9 39.3	10 48.5	80	283	13
28	30 Piscium	4.8	12 21.5	13 27.3	82	228	18
	33 "	5.0	14 25.1	15 18.1	106	198	18
29	20 Ceti	5.2	12 35.8	12 58.6	134	175	19
31	ξ^2 "	4.2	11 37.2	12 20.4	26	289	21
Aug. 18	ξ Ophiuchi	5.0	7 6.5	8 15.5	81	302	9
Sept. 20	ψ^3 Aquarii	5.0	14 45.4	15 44.8	79	230	13
21	30 Piscium	4.8	8 20.0	9 8.4	108	203	14
24	μ Ceti	4.2	14 20.3	14 53.7	127	179	17
26	δ^1 Tauri	3.8	12 59.2	13 18.0	354	324	19

[1]) Vom nördlichsten Punkte des Mondes entgegen dem Uhrzeiger gezählt.
[2]) Vor Vollmond (Alter 15 Tage) finden die Eintritte am dunklen Rande statt, die Austritte am hellen, nachher ist es umgekehrt.

7. **Mond,** a) Phasen.

	Juli	Aug.	Sept.
Letztes Viertel	2 4h		
Neumond	10 4	8 20h	7 10h
Erstes Viertel	18 2	16 10	14 17
Vollmond	24 17	23 1	21 11
Letztes Viertel	31 15	30 6	29 1

b) Apsiden.

	Juli	Aug.	Sept.
Erdferne	9 11h	5 17h	2 8h
Erdnähe	24 1	21 8	18 4
Erdferne			30 2

c) Auf- und Untergänge für Berlin.

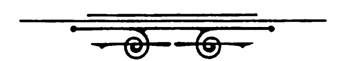
Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang	Tag	Aufgang	Untergang
Juli 1	12h 6m	23h 53m	Aug. 1	11h 32m	1h 13m	Sept. 1	11h 36m	3h 21m
4	13 5	2 16	4	12 59	4 30	4	14 17	5 37
7	14 23	5 36	7	15 26	7 1	7	17 42	6 58
10	16 35	8 21	10	18 42	8 31	10	21 21	7 57
13	19 43	10 2	13	22 16	9 32	13	—	9 9
16	23 13	11 6	16	0 47	10 37	16	3 30	11 28
19	1 43	12 8	19	4 35	12 38	19	5 42	15 18
22	5 42	13 57	22	7 12	16 21	22	6 54	19 19
25	8 41	17 29	25	8 32	20 27	25	7 57	23 0
28	10 10	21 34	28	9 34	—	28	9 30	1 11

d) Partielle Mondfinsternis Juli 24; es werden um die Mitte der Finsternis 17h 22.4m die nördlichen 0.62 des Monddurchmessers verfinstert. Doch geht in Berlin der Mond bereits 5m, nachdem die Finsternis um 16h 3.8m begonnen hat, unter; man kann also kaum mehr wahrnehmen als die Trübung des Mondrandes durch die dichteren Partien des Halbschattens, der einige Minuten vorher sich am linken oberen Rande bemerklich macht.

8. **Sonne.**

Sonntag	Sternzeit f. den mittl. Berl. Mittag	Zeitgleichung mittl. — wahre Z.	Dekli-nation	Aufgang für Berlin	Untergang für Berlin
Juli 7	6h 57m 4.00s	+ 4m 29.09s	+22° 41.8′	3h 53m	8h 27m
14	7 24 39.90	+ 5 30.44	+21 50.0	4 0	8 22
21	7 52 15.80	+ 6 8.17	+20 39.9	4 9	8 14
28	8 19 51.69	+ 6 18.19	+19 12.8	4 19	8 4
Aug. 4	8 47 27.58	+ 5 59.61	+17 30.2	4 30	7 53
11	9 15 3.46	+ 5 12.27	+15 33.6	4 41	7 40
18	9 42 39.35	+ 3 56.66	+13 24.8	4 53	7 26
25	10 10 15.22	+ 2 15.48	+11 5.6	5 5	7 11
Sept. 1	10 37 51.10	+ 0 14.06	+ 8 37.8	5 16	6 55
8	11 5 26.96	— 2 1.95	+ 6 3.1	5 28	6 39
15	11 33 2.83	— 4 27.35	+ 3 23.5	5 40	6 22
22	12 0 38.70	— 6 56.22	+ 0 40.9	5 51	6 6
29	12 28 14.57	— 9 20.78	— 2 2.8	6 3	5 49

Am 5. Juli 5h ist die Sonne in Erdferne mit 152.00 Millionen Kilometer Abstand. Am 28. September 8h tritt sie in das Himmelszeichen der Wage; damit beginnt der Herbst. Am 10. Juli ist eine bei uns gänzlich unsichtbare ringförmige Finsternis. Die Spitze des Mondschattenkegels endet im leeren Raume gegenüber einer Zone, die vom Stillen Ozean durch Bolivia und Brasilien, dann über den Atlantischen Ozean bis in die Nähe von Südwestafrika geht, ohne dieses zu erreichen.

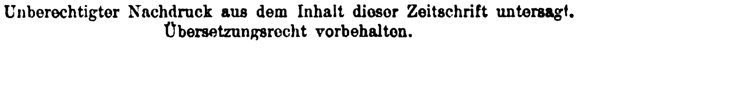




Die Natur, eine Sammlung naturwissenschaftlicher Monographien; herausgegeben von Dr. W. Schoenichen. I. Bd. Dr. W. Schoenichen, Aus der Wiege des Lebens. Verlag von A. W. Zickfeldt, Osterwieck (Harz).

Das Bändchen, das uns heute zur Besprechung vorliegt, stellt den ersten Band einer Sammlung populär gehaltener, naturwissenschaftlicher Monographien dar. Wir leben in einem Zeitalter der Naturwissenschaften, das gibt sich schon an der überreichen Produktion volkstümlicher, naturwissenschaftlicher Werke kund, die Jahr für Jahr auf dem Büchermarkt erscheinen. Es läßt sich daher wohl darüber streiten, ob wirklich noch ein Bedürfnis für immer neue derartige Sammlungen vorliegt. Davon aber abgesehen, kann man das neue Unternehmen nur mit lebhafter Freude begrüßen und ihm ein gutes Prognosticum stellen. Schon äußerlich hebt sich das Bändchen durch eine wirklich geschmackvolle, künstlerische Aufmachung hervor. Einbanddecke und Buchausstattung rühren von Peter Behrens her; ein Lob darüber zu sagen erscheint überflüssig. Aber auch sonst zeichnet sich das kleine Werk vor vielen ähnlichen vorteilhaft aus. Ein großer Wert ist auf die Illustrierung gelegt. Sieben von den acht farbigen Tafeln stammen von Paul Flanderky her, dem bewährten Darsteller niederen tierischen Lebens und zeichnen sich, wie die meisten seiner Illustrationen, durch künstlerischen Schwung, verbunden mit wissenschaftlicher Exaktheit aus. Besonders hervorgehoben sei Tafel 3: Röhrenwürmer und Tafel 5: Wurzelmundqualle und Rippenqualle. Weniger gelungen erscheint eine schwarze Tafel mit Glastieren des Meeres, die gar zu undeutlich gehalten ist und nichts rechtes erkennen läßt. Der Text gliedert sich in vier Hauptabschnitte, in denen uns in anschaulicher und wissenschaftlich einwandsfreier Weise ein Bild der wichtigsten Meerestiere und ihrer Lebenserscheinungen entworfen wird. Besondere Anerkennung verdienen die zahlreichen schematischen Textfiguren, die in ausgezeichneter Weise die Darstellung unterstützen und die in vieler Hinsicht neu und mustergültig sind. Das an Stelle des Seestichlings, Gasterosteus spinachia, der gemeine Stechbüttel G. aculeatus abgebildet wurde, ist ein kleines Versehen, das bei einer Neuauflage leicht geändert werden kann. Alles in allem ein gutes Büchlein, das man namentlich zu Geschenkzwecken seiner hübschen Ausstattung wegen warm empfehlen kann.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 68.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.





Die Sonnenparallaxe.

Von **F. Ristenpart** in Berlin.

Zur Ermittelung der Fundamentalgröße der ganzen messenden Astronomie, des Abstandes der Erde von der Sonne, werden in Zukunft nur noch die günstigen Oppositionen des Planeten Eros benutzt werden. Dieser Asteroid, dessen Bahn größtenteils innerhalb der Marsbahn verläuft, kommt der Erde näher als irgend ein anderer permanenter Körper des Sonnensystems, der Mond natürlich ausgenommen. Von Eros aus erscheint, wenn dieser Planet sich im Perihel seiner ziemlich exzentrischen Bahnellipse befindet, der Halbmesser der Erdkugel unter einem Winkel von rund einer Bogenminute, während bei Venus und Mars dieser „Parallaxenwinkel" nur auf 31 respektive 25 Bogensekunden ansteigen kann. Außerdem kommt hinzu, daß der Ort des punktförmigen Eros schärfer durch die astronomischen Meßmethoden festgelegt werden kann, als es die scheiben- respektive sichelförmigen Bilder der beiden großen Planeten gestatten würden. Von entfernteren Asteroiden aus, die ebenfalls den Vorteil guter Meßbarkeit bieten, erscheint der Erdradius wiederum unter kleineren Winkeln als bei Eros.

Eros kommt allerdings nur relativ selten in solche Periheloppositionen. Es besteht ein Zyklus von etwa 37 Jahren, während dessen Eros zur Oppositionszeit alle möglichen mittleren Anomalien in seiner Bahn einmal durchläuft. Jede Opposition hat eine durchschnittlich 473 Grad größere Anomalie als die vorhergehende und tritt $2^1/_3$ Jahr später ein. Daher kommt es, daß, wenn eine derselben in die Nähe des Erosperihels (Anomalie = 0^0) gefallen ist, die drittnächste, die um 1419^0 oder $4 \times 360^0 - 21^0$ Grad weiter fällt, ebenfalls in der Nähe des Perihels stattfindet, nämlich 21^0 vor derselben. Die wiederum drittnächste ist bereits nicht mehr so günstig, da der Rückschritt um durchschnittlich 21^0 mittlere Anomalie

nach je drei Oppositionen sie bereits 42° vom Perihel entfernt. Sonach finden in 37 Jahren jeweils 2—3 besonders nahe Oppositionen von Eros statt, zwischen denen fast genau sieben Jahre liegen. Dieselben ereignen sich Ende Januar. Die letzten waren 1894 und 1901; die nächsten werden 1931 und 1938 sein.

Im Jahre 1894 war Eros noch nicht entdeckt; aber im Jahre 1901, in dem der Periheldurchgang auf den 8. Februar fiel, sind in großem Maßstabe Beobachtungen angeordnet worden, um die Parallaxe des Eros und daraus die Sonnenparallaxe zu ermitteln. Diese Beobachtungen begannen bereits Ende 1900; sie wurden unter Oberleitung des permanenten internationalen Komitees für die photographische Himmelskarte systematisch angelegt, da die meisten Beobachtungen zu parallaktischen Zwecken durch photographische Aufnahmen geschehen sollten. Die zusammenfassende Bearbeitung der Messungen aller beteiligten Sternwarten durch dieses Komitee steht noch aus. Jetzt veröffentlicht aber die Sternwarte Greenwich in den „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society“ für April 1907 vorweg das aus der Diskussion aller Greenwicher Beobachtungen folgende Resultat. Bei dem Interesse, das dasselbe beanspruchen darf, möge es hier mitgeteilt werden.

Die Rechnungen werden so durchgeführt, daß man einen angenommenen Wert der Sonnenparallaxe zugrunde legt, damit den scheinbaren Ort des Planeten Eros aus seinen Bahnelementen berechnet und die Abweichung des photographierten Ortes vom berechneten feststellt. Diese Abweichung rührt einmal von fehlerhaften Annahmen über die Bahnelemente von Eros her, dann aber auch von der fehlerhaften Annahme der Sonnenparallaxe. Den störenden Einfluß der unbekannten Elementenverbesserungen beseitigt man dadurch, daß man nur Differenzen der erhaltenen Werte verwendet, die zeitlich einander so nahe liegen, daß sie von den Elementenfehlern noch in gleichem Betrage beeinflußt werden. Dagegen muß der Faktor, mit dem die Parallaxe wirkt, womöglich sogar verschiedene Vorzeichen haben, so daß er in der Differenz vergrößert erscheint.

Die Parallaxe wirkt dahin, den Planeten vom Zenit wegzuschieben, sie wirkt also der Refraktion gerade entgegen. Macht man daher eine Aufnahme in möglichst großem östlichen Stundenwinkel, so erscheint die Rektaszension (wie eine Betrachtung des Verlaufes von Vertikal- und Stundenkreis an der Sphäre zeigt) durch die Parallaxe vergrößert; macht man in der gleichen Nacht eine Aufnahme in großem westlichen Stundenwinkel, so wird die Parallaxe die Rektaszension verkleinern. Die Differenz der beidesmal bestimmten Unterschiede „Messung weniger Vorausberechnung“ enthält also etwa den doppelten Einfluß der fehlerhaften Parallaxe

auf die Rektaszension; dagegegen ist der Irrtum der Ephemeride bei beiden, etwa 12^h auseinanderliegenden Beobachtungszeiten sehr nahe der gleiche, fällt also aus der Differenz fort. In Greenwich ist aus der Fülle der Beobachtungen sogar der Irrtum der Vorausberechnung des Erosortes bestimmt und seine geringe zeitliche Änderung für die Zwischenzeit der beiden Beobachtungen in Anrechnung gebracht worden.

Auch die Deklinationen werden durch die Parallaxe beeinflußt, wenngleich stets im gleichen, negativen Sinne (außer bei Objekten, die nördlich des Zenits kulminieren). Hier kann man wenigstens Beobachtungen im Meridian mit dem kleinsten Parallaxenfaktor mit solchen vom gleichen Tage unweit des Auf- oder Untergangs verbinden, die den größtmöglichen Parallaxenfaktor haben. Immerhin wird in der Differenz dann ein kleinerer Faktor für die Parallaxenverbesserung auftreten als bei den Rektaszensionen, bei denen die zu subtrahierenden Parallaxenfaktoren sogar verschiedenes Vorzeichen haben.

Man ging in Greenwich von der Annahme 8″,800 für die Sonnenparallaxe aus und bestimmte aus den Rektaszensionen des Eros dazu als Verbesserung den Wert

$$+ 0'',000 \pm 0'',0044.$$

Das heißt: der angenommene Wert wurde durch die Messungen vollkommen bestätigt. Freilich hätte auch jeder andere Wert zwischen 8″,7956 und 8″,8044 mit den Messungen keinen unzulässigen Widerspruch ergeben. Die Annahme eines Wertes außerhalb dieses Intervalls von 0″,0088 wäre um so unwahrscheinlicher, je weiter er sich von demselben entfernt. Die Deklinationen lieferten hingegen als Verbesserung von 8″,800

$$+ 0'',001 \pm 0'',016.$$

Der weit größere (fast viermal so große) „mittlere Fehler" zeigt, daß, wie oben ausgeführt, die Deklinationen weit weniger geeignet sind, in diesem Falle, nämlich aus Beobachtungen einer e i n z i g e n Sternwarte, die Parallaxe zu ermitteln. Hier würde im Intervalle 8″,785 und 8″,817 der Spielraum der Werte um 8″,001 liegen.

Als allerwahrscheinlichsten Wert würde man aus Rektaszensionen und Deklinationen zusammen den Wert 8″,0002 ableiten, der indes in seinen letzten Stellen so wenig verbürgt ist, daß der Ausgangswert

$$8'',800$$

als durch die Greenwicher Erosbeobachtungen wiedergefunden und bestätigt angesehen werden darf.

Auch hier sind einige Tausendstel der Bogensekunde noch unsicher; immerhin darf man bis auf weiteres annehmen, daß die Natur uns eine mnemotechnische Liebenswürdigkeit erwiesen hat, indem 2 Achter und

2 Nullen, also in gewissem Sinne eine runde Zahl, den Wert der Sonnenparallaxe, der seit den ältesten Zeiten so oft und in so verschiedenen Zahlenwerten bestimmt worden ist, angeben.

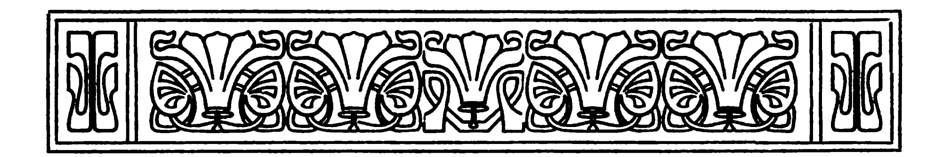
Eine weitere mnemotechniche Leichtigkeit bietet die Umsetzung dieses Winkels, unter dem vom Sonnenmittelpunkt aus der Erdradius erscheint, in lineares Kilometermaß. Wenn wir nach Bessel den Radius des Erdäquators zu 6378,4 Kilometern annehmen, so folgen hieraus nach Division mit sin 8″,800 für den Sonnenabstand:

149,49 Millionen Kilometer.

Man braucht sich also nur zu merken, daß der landläufige Wert von 150 Millionen Kilometer etwas zu groß ist und daß die durch seine Erniedrigung statt 50 erhaltenen Ziffern 49 auch hinter dem Dezimalpunkt nochmals auftreten. Mehr wie 5 Ziffern anzugeben, hat keinen Sinn, denn eine Änderung von 8″,800 um $^1/_{1000}$ Bogensekunde nach oben oder unten, die durchaus im Bereiche der Möglichkeit liegt, würde den linearen Wert fast um 0,02 Millionen Kilometer ändern. Es ist also bereits die fünfte Ziffer im Sonnenabstand noch ganz illusorisch. Der Erddurchmesser beträgt nur 0,013 Millionen Kilometer. Die bekannte Ausdrucksweise des Abstandes der Sonne durch die Zahl der nebeneinandergereihten Erdkugeln, welche diesen Abstand überbrücken würden, kann sonach immer noch nicht genau angegegen werden, und die aus dem Wert von $^1/_2$ cosec 8″.800 erhaltene Zahl von 11720 solcher Kugeln ist um mehrere Einheiten unsicher.

Diese Unsicherheit würde erst verschwinden, wenn wir in der Sonnenparallaxe die 4. Dezimale der Bogensekunde zu bestimmen vermöchten, während jetzt, wenn wir ganz ehrlich sein wollen, selbst die 2. vielleicht noch um eine Einheit falsch ist. Eine noch ganz unvorstellbare Verfeinerung unserer Meßmethoden würde einen Weg zu diesem Ziele bezeichnen. Eine zweite Möglichkeit böte die Entdeckung eines Asteroiden, welcher der Erde noch 10mal näher kommen kann als Eros. Nach den unerwarteten Erweiterungen, die das Asteroidensystem durch die neuesten Entdeckungen erfahren hat, erscheint die zweite Möglichkeit, so unwahrscheinlich sie an sich ist, doch immer noch eher das als ein Geschenk glücklicher Umstände den Astronomen zu verheißen, was die Forscherkraft bei aller Anstrengung zu leisten außerstande ist.





Flüssige Kristalle und scheinbare Übergänge zu niedrigsten Lebewesen.

Von **Prof. Dr. O. Lehmann** in Karlsruhe.

(Schluß.)

Eine Frage, die sich wohl jedem Beobachter aufdrängt, ist die, weshalb bleiben denn beim Zusammenfließen mehrerer Tropfen die Symmetriepunkte (-achsen) der einzelnen Individuen bestehen, weshalb wird nicht, wie es oben beim Zusammenfließen von flüssigen Kristallprismen besprochen wurde, die Struktur eine einheitliche, so daß nur eine einzige Symmetrieachse übrig bleibt? Die Antwort darauf ist die: eine solche Vereinigung zu einem homogenen Individuum kann nur eintreten, wenn die beiden Komponenten vollkommen frei beweglich sind! Bei kleinen, freischwebenden Kristallprismen oder Kristalltropfen ist dies der Fall, nicht aber bei größeren, die teils durch ihre Trägheit, teils durch den Widerstand der Glasflächen, an welchen sie anliegen, verhindert sind, den schwachen orientierenden Kräften zu folgen. Auch eine größere Masse von Ammoniumoleat oder Paraazoxybenzoesäureäthylester bildet keineswegs, wie besonders zwischen gekreuzten Nicols zu erkennen, einen einheitlichen Kristall, sondern eine kristallinische Masse, deren Anblick ganz an ein Aggregat fester Kristalle erinnert. Die Grenzen der einzelnen Individuen zu erkennen, bietet hier keine Schwierigkeit, wohl aber bei einem Aggregat von Kristalltropfen, insofern bei diesem infolge Mangels der Gestaltungskraft die Molekülrichtungen an den Berührungsflächen immer parallel sind, somit selbst im polarisierten Licht keine Unstetigkeit hervortritt.

Ein Mittel zur Erkennung der Grenzen bietet ungleichmäßige Erwärmung auf Unter- und Oberseite. Man heizt einfach das Präparat von unten und kühlt gleichzeitig von oben durch einen Luftstrom. Ein einzelner Kristalltropfen zeigt unter solchen Umständen ein Bestreben, in bestimmtem Sinn zu rotieren, vermutlich infolge der Entstehung von

Kontaktbewegung (kapillarer Ausbreitung) wegen Differenzen der Oberflächenspannung, welche durch die Anisotropie der oberflächlichen Reibung (bedingt durch die regelmäßige Molekularanordnung) einseitige Richtung erhält.

Bei einem Aggregat mehrerer Tropfen erzeugt dieses Rotationsbestreben eine Störung der Molekularstruktur an der Grenze derart, daß die Grenzen als Schlieren scharf hervortreten, wie Fig. 29 zeigt. Man erkennt, daß beim Zusammenfließen von zwei Tropfen häufig nicht einfach eine gerade Grenze entsteht, wie beim Zusammenfließen eines roten und eines grünen Öltropfens, sondern daß der Punkt, an welchem die



Fig. 29.

Tropfen in Berührung gekommen sind, als ausgezeichneter Punkt bestehen bleibt, indem sich dort eine lemniskatenartige Molekularanordnung herstellt (Fig. 30). Ein solcher Punkt erscheint im Gegensatz zu den von rundem Hof umgebenen Symmetriepunkten mit einem viereckigen Hof umgeben (Fig. 31a und b). Treten die Grenzlinien auf, so erscheint er als deren Kreuzungspunkt (Fig. 32). Bei Aggregaten vieler Tropfen ist immer die Zahl der Punkte mit viereckigem Hof um eins kleiner als die mit rundem Hof. Im polarisierten Licht erscheinen die weißen und gelben Felder bei dieser Strukturstörung gefältelt, ebenso die schwarzen Streifen zwischen gekreuzten Nicols.

Überläßt man ein Aggregat von Kristalltropfen längere Zeit bei konstanter Temperatur sich selbst, so verschwinden immer mehr der

vorhandenen Punkte, und zwar in der Weise, daß zwei runde Punkte mit dem dazwischen befindlichen viereckigen zu einem Punkt verschmelzen; das Aggregat hat also tatsächlich das Streben und die Fähigkeit, trotz der entgegenstehenden Hindernisse, wenn auch nur sehr langsam und nur bis zu einem gewissen Grade, sich in eine homogene Masse zu verwandeln (spontane Homöotropie).

Der Einfluß des Glases macht sich besonders geltend, wenn kein Lösungsmittel zugegen ist. Die flüssigen Kristalle kopieren in diesem Falle, wie bei Beobachtung zwischen gekreuzten Nicols hervortritt, die festen Kristalle, aus welchen sie sich durch Erwärmen über die Umwandlungstemperatur gebildet haben, augenscheinlich deshalb, weil eine dünne Molekülschicht der festen Kristalle am Glase haften geblieben ist, welche nunmehr, da keine freie Oberfläche vorhanden ist, an welcher die Oberflächenspannung die Moleküle richten könnte, die Struktur der




Fig. 30.

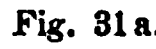



Fig. 31 a.



Fig. 31 b.

Masse erzeugt, so daß flüssige Kristalle mit parallelen Molekülen entstehen, welche beim Drehen zwischen gekreuzten Nicols ebenso viermal hell und dunkel werden, wie gewöhnliche feste Kristalle.

Benutzt man als Deckglas eine plankonvexe Linse, die konvexe Seite nach unten gerichtet, so erscheint natürlich zwischen gekreuzten Nicols das Zentrum des Präparates dunkel, weil dort die Dicke der flüssig-kristallinischen Schicht Null ist. Dann schließen sich ringförmige farbige Zonen an, eine graue, gelbe, rote usw., wie bei den Newtonschen Ringen, vorausgesetzt, daß nicht zufällig die Auslöschungsrichtungen den Nicoldiagonalen parallel sind.

Um ganz gleichförmige Farbenringe zu erhalten, hat man nur nötig, die Linse mehrmals unter 45° gegen die Nicoldiagonalen auf dem Objektträger hin- und herzuschieben. Die am Glase haftenden Moleküle werden dadurch, ähnlich wie die Moleküle des Ammoniumoleats, wie oben besprochen wurde, parallel den Zug- und Druckrichtungen gedreht — man kann auch hier von erzwungener Homöotropie sprechen —, und nach diesen richten sich dann die übrigen. Die Masse verhält sich also nun wie ein homogener Kristall von konkav-linsenförmiger Form, dessen Auslöschungsrichtungen unter 45° gegen die Nicoldiagonalen liegen, so daß

er das Maximum der Helligkeit zeigt. Durch Messung des Durchmessers der Farbenringe gewinnt man ein Maß für die Doppelbrechung der flüssig-kristallinischen Masse und kann so z. B. nachweisen, daß dieselbe bei Paraazoxyphenetol etwa $^3/_4$ mal so stark ist als die der festen Modifikation.

Verdreht man das linsenförmige Deckglas gegen den Objektträger, so muß natürlich, da die Molekülschichten, welche die Struktur der flüssig-kristallinischen Masse bedingen, am Glase haften, diese Struktur eine schraubenförmige werden und deshalb, ähnlich wie bei schraubenförmig übereinandergeschichteten Glimmerblättchen, Drehung der Polarisationsebene eintreten. Dieselbe ist für die verschiedenen Farben verschieden; es wird also beim Drehen des Präparats keine Dunkelstellung



Fig. 82.

mehr eintreten, wenigstens bei hinreichend dicken Schichten.

Solche verdrehte Struktur kann auch bei freischwebenden Kristalltropfen durch fremde Zusätze hervorgebracht werden, z. B. wenn der Lösung in Olivenöl eine größere Menge Kolophonium beigegeben wird.

Eigentlich sollten Kristalle nach dem Gesetz der isomorphen Mischungen solche fremde Zusätze nur dann aufnehmen, wenn sie gleiche Kristallform und analoge chemische Konstitution besitzen. Das Gesetz ist indes, wie ich durch eine große Zahl von Beispielen nachgewiesen habe, keineswegs streng zutreffend. Allerdings werden bei festen Kristallen nichtisomorphe Zusätze nicht ohne Störung der Struktur aufgenommen; es tritt gewöhnlich Krümmung und nicht selten schraubenförmige Verdehnung der Kristalle ein. Bei den Kristalltropfen des Paraazoxyphenetols erkennt man die Wirkung des Zusatzes wieder am besten bei Anwendung des linsenförmigen Deckglases. Das dunkle Zentrum erscheint umgeben von Zonen farbiger Tropfen, deren Farbe mit wachsendem Abstand, der

größeren Dicke entsprechend, immer mehr verblaßt. Aber nun folgen in regelmäßigen Abständen helle und dunkle ringförmige Zonen, deren Verschiedenheit darauf beruht, daß bei den hellen die schwarzen Kreuze und Streifen der Tropfen nahezu (infolge der Drehung der Polarisationsebene um 90, 270, 450° usw.) verschwinden, während sie da, wo die Drehung 180, 360, 540° usw. beträgt, wenigstens an nicht allzu dicken Stellen, in voller Dunkelheit erscheinen. Sehr schön sind die durch solche Drehung der Polarisationsebene bedingten Farbenerscheinungen bei ge-

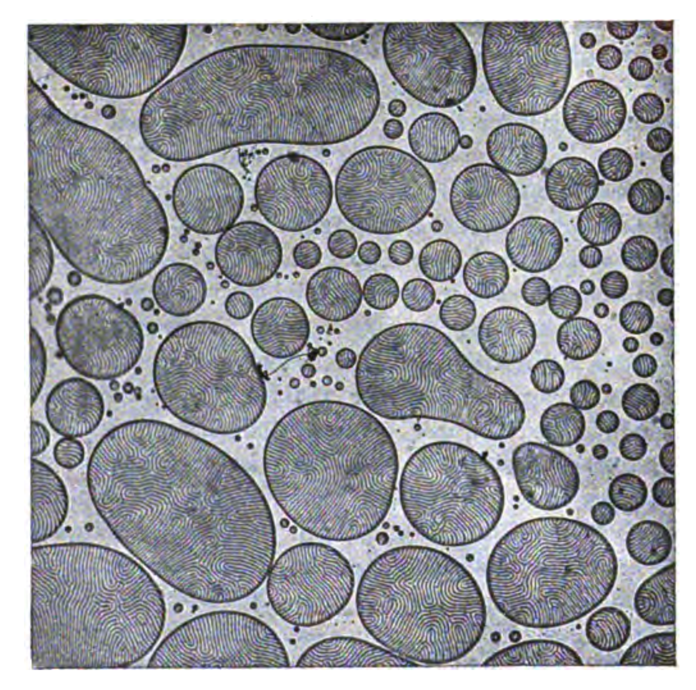


Fig. 33.

wöhnlichen dünnen Präparaten, wenn man die beiden Nicols so gegeneinander verdreht, daß die Streifen möglichst schwarz erscheinen, wobei dann die Tropfen intensiv grün, violett, rot usw. auf hellgrauem Grunde hervortreten. Eine andere Störung, welche nichtisomorphe, fremde Beimischungen bei festen Kristallen hervorrufen, ist die Reduktion der Größe der Individuen. Selbst ein gleichmäßig fortwachsender Kristall zerspaltet sich in Fasern oder dünne Blätter; es entsteht kein homogenes Gebilde, sondern ein vielfach verzweigtes, im Grenzfall ein Sphärokristall, eine Kugel, scheinbar aus radialen Fasern zusammengesetzt.

Ähnliche Wirkungen fremder Zusätze lassen sich auch bei Kristall-

tropfen beobachten. Solche Schichtkristalltropfen setzen sich aus sehr kleinen, lamellenartig gestalteten Individuen zusammen, welche sich auch bei freischwebenden Tropfen nicht, wie es sonst bei zusammengesetzten Tropfen geschieht, allmählich durch spontane Homöotropie zu einem Individuum vereinigen, sondern ihre Größe behalten (Fig. 33). Die Lamellen können so geringe Dicke besitzen, daß die stärksten Vergrößerungen kaum oder nicht ausreichend sind, sie deutlich zu erkennen, und daß schon in natürlichem Licht bunte Farben hervortreten wie bei Beugungsgittern.

Höchst merkwürdig ist, daß manche Substanzen sogar in zwei flüssig-kristallinischen Modifikationen auftreten und daß sich diese bis zu einem gewissen Grade ineinander lösen können, daß also die eine Kristallart aus der Lösung in der andern auskristallisieren kann, wie aus einem beliebigen amorphen Lösungsmittel. Zuerst beobachtete ich diese Erscheinung bei F. M. Jaegers Cholesterylcaprinat. Beim Abkühlen der isotropen Schmelze entstanden zunächst leichtflüssige, schwach doppelbrechende, sehr kleine flüssige Kristalle, ähnlich denjenigen des Cholesterylbenzoats. Bei weiterer Abkühlung wandelten sie sich plötzlich in größere, stärker doppelbrechende und zähere der zweiten flüssigkristallinischen Modifikation um. Beim Erwärmen wurde die Umwandlung bei derselben Temperatur wieder rückgängig. Die Mischbarkeit der beiden Modifikationen wurde erkannt, indem man die Modifikation I zunächst durch Andrücken des Deckglases pseudoisotrop machte, so daß sie zwischen gekreuzten Nicols, abgesehen von den wie bei Ammoniumoleat auftretenden „öligen Streifen", schwarz erschien. Bei fortschreitender Abkühlung wurde sodann die Masse in der Nähe der Umwandlungstemperatur in die Modifikation II erst dunkelviolett, dann blau, hellblau, grün usw., d. h. sie durchlief alle Farben des Spektrums, bis schließlich, bald nach Auftreten der roten Farbe, die Ausscheidung der Modifikation II erfolgte. Man kann diese Farbenerscheinungen nur durch eine Mischung der beiden Modifikationen deuten derart, daß diejenige Farbe, für welche der Brechungsindex übereinstimmt, durchgelassen wird, während die anderen zerstreut werden, was freilich eine recht beträchtliche Größe der Moleküle voraussetzt und auch nicht ganz mit den Tatsachen harmoniert. Durch fremde Zusätze wie Paraazoxyphenetol kann das Temperaturintervall, in welchem die Farben erscheinen, beträchtlich geändert werden, offenbar weil dadurch das Mischungsverhältnis der beiden Modifikationen abgeändert wird.

Mischung zweier Modifikationen setzt selbstverständlich voraus, daß deren Moleküle verschieden sind. Durch Molekulargewichtsbestimmungen oder durch das chemische Verhalten läßt sich aber diese Verschiedenheit

hier naturgemäß, weil jeder Lösungsvorgang mit teilweiser Umwandlung verbunden ist, eben so wenig erkennen als bei den sogenannten drei Aggregatzuständen eines Körpers, wie z. B. Eis, Wasser und Dampf. Früher hat man aus dieser Unmöglichkeit den Schluß gezogen, die Moleküle müßten identisch sein, verschiedene Modifikationen seien nur durch die Art der Zusammenlagerung der Moleküle verschieden, woher auch die Bezeichnung „Aggregatzustände". Die Auffindung der flüssigen Kristalle hat, wie wir sehen, diese Theorie als unrichtig erwiesen, sie läßt erkennen, daß

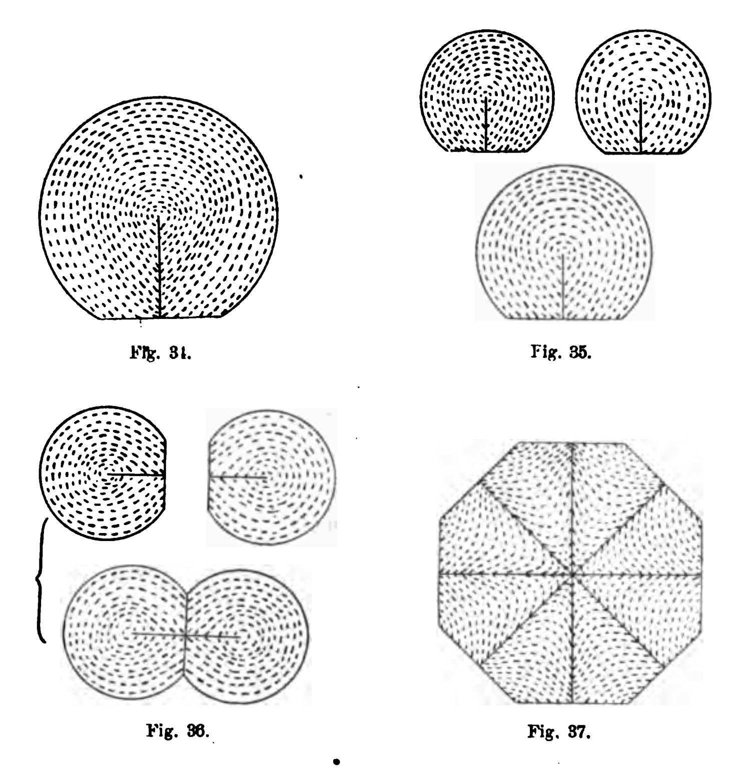


Fig. 34. Fig. 35.

Fig. 36. Fig. 37.

beim Fließen der Kristalle, also bei eingreifendster Störung der Anordnung der Moleküle, die Eigenschaften erhalten bleiben; sie beweist ferner, daß dieselbe Substanz eine isotrope und eine kristallinisch-flüssige Modifikation besitzen kann, die sich bei bestimmter Temperatur vorwärts oder rückwärts ineinander umwandeln, wofür sich vom Standpunkt der Identitätstheorie kein Grund angeben läßt; ja daß sogar dieselbe Substanz drei flüssige Zustände haben kann und diese weiterhin die Fähigkeit besitzen, sich in beschränktem Maß ineinander zu lösen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen über flüssige Kristalle harmonieren also durchaus nicht mit den üblichen Vorstellungen; aber diese sind in

keiner Weise geeignet, von den beobachteten Tatsachen Rechenschaft zu geben, so daß die Nichtübereinstimmung kein Grund ist, an der Existenz flüssiger Kristalle zu zweifeln. Wenden wir uns nun zu der Frage:

Gibt es lebende Kristalle?

Veranlassung zu dieser Frage haben meine Beobachtungen bei den fließenden Kristallen des Paraazoxyzimtsäureäthylesters von Vorländer gegeben. In der oben beschriebenen Form (gerundete, hemimorphe Pyramiden mit eigentümlicher strichförmiger Schliere von der Mitte der Basis gegen die Spitze hin) erscheinen sie in hochkonzentrierter Lösung, d. h. bei Kristallisation in hoher Temperatur z. B. aus Monobrom-

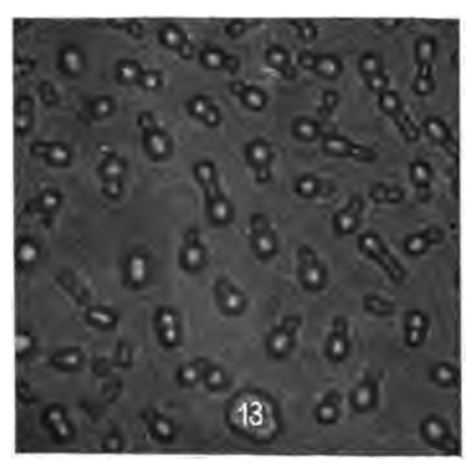


Fig. 33.

naphtalin. Erfolgt die Ausscheidung aus minder konzentrierter Lösung, d. h. bei niedrigerer Temperatur, so nimmt die Rundung derart zu, daß die Kristalle fast völlig als Kugeln erscheinen mit einer der Basis entsprechenden Abplattung, von deren Mitte sich die Strichschliere ins Innere zieht (Fig. 34).

Kommen zwei solche Kugeln in übereinstimmender Stellung in Berührung, so tritt Kopulation ein, sie vereinigen sich zu einem entsprechend größeren Individuum (Fig. 35). Ist ihre Stellung nicht ganz übereinstimmend, so entsteht eine Kugel mit zwei Abplattungen und zwei Strichen; fließen gar mehrere in verschiedenen Stellungen zusammen, so resultieren rosettenartige Gebilde oder fazettierte Kugeln (Fig. 36). Das Zusammenfließen bleibt aus und die Kugeln haften nur lose aneinander, wenn sie in entgegengesetzter Lage mit den Abplattungen zusammen-

treffen; es entsteht ein Doppeltropfen oder Zwilling, der sehr leicht wieder auseinander bricht (Fig. 37 und 38).

Solche Doppeltropfen können auch aus einem einfachen Tropfen hervorgehen durch eine Art Knospenbildung, d. h. durch Anwachsen eines erst kleinen, dann immer größer werdenden Ansatzes an der Abplattungsstelle (Fig. 39). Auch in diesem Falle ist die Festigkeit nur eine geringe. Gewöhnlich fällt die Knospe ab, wenn sie gleiche Größe erreicht hat wie die ursprüngliche. Man hat also hier den eigentümlichen Fall der Selbst-

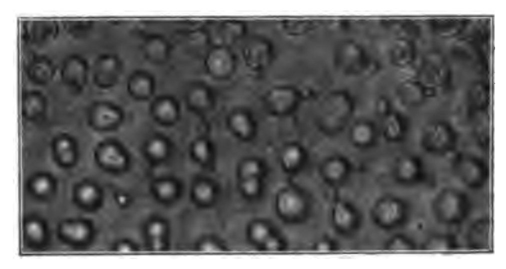


Fig. 39.

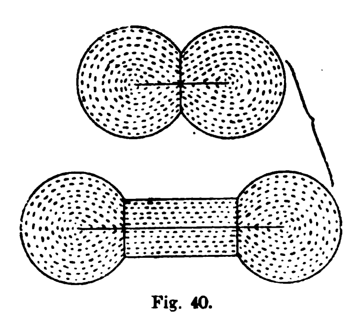


Fig. 40.

teilung von Kristallen, der ähnlich wie die eben erwähnte Kopulation an die entsprechenden Vorgänge bei Organismen erinnert.

Noch auffallender wird diese Ähnlichkeit, wenn sich der Doppeltropfen, was sehr häufig geschieht, zunächst zu einem bakterienartigen Stäbchen verlängert. Ursache dieser Umbildung ist augenscheinlich eine Art Wachstum durch Intussuszeption, indem die an der Grenze der beiden Tropfen aufgenommenen Moleküle sich nicht einfach anlagern, sondern wegen der sehr geringen Festigkeit in der Richtung der Achse und der wesentlich größeren Kohäsion senkrecht dazu ins Innere hineingezogen werden und dadurch die beiden Tropfen auseinanderdrücken, so daß das Gebilde wohl in die Länge wächst, nicht aber in die Dicke (Fig. 40). Diese Stäbchen (Fig. 41 und 42) können außerordentlich lang und von

gleichem Durchmesser wie die Tropfen werden, so daß diese nur als deren halbkugelförmige Enden erscheinen. Das Wachstum vollzieht sich sehr rasch, doch bei größerer Ausdehnung nicht gleichmäßig, so daß statt eines Stäbchens ein wurm- oder schlangenförmiges Gebilde hervorgeht (Fig. 43 bis 45), offenbar, weil bald auf der einen, bald auf der anderen Seite mehr Substanz aufgenommen wird, also entsprechende Krümmung eintreten muß.

Bei schwankender Temperatur ändert sich die Krümmung fortwährend; es entsteht eine schlängelnde Bewegung, zu welcher sich auch wohl eine vor- und zurückschreitende gesellt, die vermutlich auf Differenzen der Oberflächenspannung beruht. Öfters schrumpfen die Schlangen plötzlich zu Kugeln zusammen oder sie teilen sich in mehrere Stücke, die wieder unter Bildung neuer Schlangen auseinanderweichen, oder es schieben sich aus einer Kugel wurmartige Fortsätze von zunehmender Stärke, so daß ein samenfadenartiges Gebilde entsteht, usw. Die Mannigfaltigkeit dieser Erscheinungen ist so groß, daß man einen von lebenden Mikroorganismen erfüllten Wassertropfen zu sehen glaubt, und sich jedem Beobachter ganz von selbst die Frage aufdrängt: Gibt es auch lebende flüssige Kristalle?

Die Beantwortung setzt natürlich eine klare Vorstellung darüber voraus, wodurch sich ein Lebewesen von einem toten Objekt ähnlicher Form unterscheidet. Unsere scheinbar lebenden Kristalle gleichen einigermaßen den Bakterien. Man kann solche durch Hitze oder gewisse Gifte, z. B. Sublimatlösung, abtöten, ohne daß sie ihre Form wesentlich ändern. Wodurch also unterscheidet sich ein solches totes Bakterium von einem lebenden?

Es wächst nicht, es bewegt sich nicht, hat nicht die Fähigkeit, sich zu kopulieren oder zu teilen, und zerfällt schließlich. Aber warum? Weil das Lebensprinzip, das, was wir bei uns selbst Seele nennen, nicht mehr da ist, sagt die gewöhnliche dualistische Theorie! Man kann aber auch sagen, weil die chemische Zusammensetzung geändert und damit die Kraftquelle zerstört ist.

Unsere scheinbar lebenden Kristalle haben, wenn auch nicht ganz übereinstimmend, die genannten Eigenschaften, die wir an dem toten Bakterium vermissen. Auch sie können vergiftet werden und sterben, wenn sie durch Hitze oder Kälte in eine andere Modifikation umgewandelt werden, welche kein scheinbares Leben besitzt. Wie beim Organismus ist Rückumwandlung, Wiederbelebung im allgemeinen nicht möglich. Ein Bakterium, welches unter günstigen Bedingungen lebt, stirbt nicht; es teilt sich wohl, aber die Teilstücke leben. Auch das Keimplasma höherer Organismen besitzt nach Weismann ewiges Leben in diesem Sinne. Ebenso unsere scheinbar lebenden Kristalle. Dürfen oder müssen

wir ihnen demgemäß eine Art „Seele" zuschreiben, sie als wirkliche Lebewesen auffassen?

Keineswegs! sagt unsere Theorie, denn die fraglichen Eigenschaften sind durchaus nicht die einzigen, die ein Lebewesen charakterisieren; dazu gehört z. B. auch Selbstregulation aller Funktionen. Die scheinbar lebenden Kristalle suchen sich nicht ihre Nahrung, sie atmen nicht, sie schützen sich nicht gegen Angriffe usw., dagegen sind sie durch alle

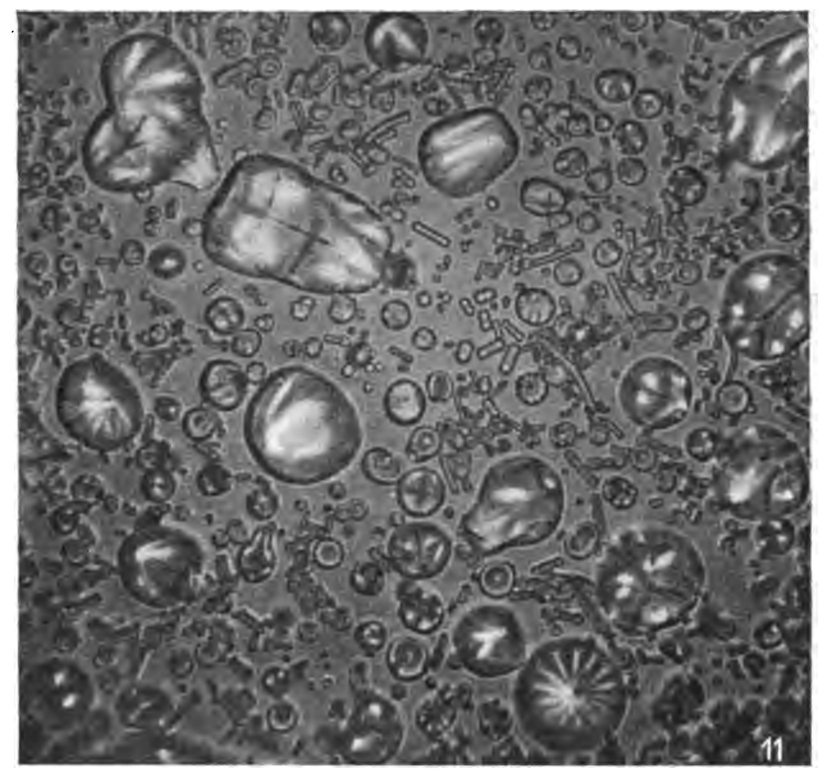


Fig. 41.

möglichen Übergangsformen verbunden mit den festen Kristallen, die gewissermaßen als typische tote Materien zu betrachten sind.

Schon die Vorstellung, ein Lebewesen könne flüssigen Aggregatzustand haben, erscheint uns ungereimt. Wie sollten wir z. B. unsere eigenen geistigen Funktionen ausüben können, wenn unser Leib flüssig wäre? Unser ganzes Vorstellungsvermögen beruht auf der Möglichkeit der Unterscheidung von rechts und links, vorn und hinten, oben und unten. Wir stützen uns dabei auf die Richtungen, die durch unseren

Körper gegeben sind und durch dessen Festigkeit oder Elastizität erhalten werden. Fehlte die Festigkeit, wäre der Körper eine flüssige Masse, so könnte auch, sollte man meinen, von solchen festen Richtungen keine Rede sein, gegen welche unser Denkvermögen sich gewissermaßen stützen könnte. Die „Linke-Hand-Dreifingerregel“, welche die elektrodynamischen Wirkungen bestimmt, die „Rechte-Hand-Dreifingerregel“, die uns die Richtung des Induktionsstroms gibt, sind für einen „flüssigen Menschen“ unfaßbar. In einer Flüssigkeit gibt jede Stelle, gegen welche wir uns stützen wollen, nach; alles fließt, es fehlt die Kraft, welche eine bestimmte Richtung festhalten könnte — wenigstens scheinbar.

Ein Lebewesen ist ferner, eben weil seine Funktionen von einer Zentralstelle aus geleitet werden, eine Einheit, es ist ringsum abgeschlossen und kann nicht wie ein Flüssigkeitstropfen in eine größere Flüssigkeitsmasse diffundieren, sich immer mehr verdünnend.

Bringt man einen Öltropfen an die verwaschene Grenze von Wasser und Alkohol, so ist er nach der Seite des Wassers scharf begrenzt, nach der Seite des Alkohols nicht; er geht diffus in diesen über. Solche „halbbegrenzte Tropfen“, wie ich sie nannte, sind bei lebender Materie nicht möglich, wenn sie auch im übrigen ganz einem Flüssigkeitstropfen gleichen mag. Eine Amöbe, in ganz gleichartiges Eiweiß gebracht, diffundiert nicht in dieses, sondern bleibt ein geschlossenes Ganzes, so daß man an jeder Stelle angeben kann, wo die Grenze gegen die tote Materie, wo das leblose Eiweiß ist.

Aus dieser Eigentümlichkeit der Lebewesen läßt sich nun aber kein Einwand gegen die Annahme der Existenz lebender flüssiger Kristalle ableiten, denn es gibt auch keine halbbegrenzten flüssigen Kristalle. Unbeschränkte Mischbarkeit kann nicht eintreten an der Grenze kristallinischer und isotroper Flüssigkeiten, sondern nur an der Grenze isomorpher Kristalle. Ein flüssiger Kristall kann also nur in einen anderen diffundieren, was etwa der Kopulation eines amöbenartigen Lebewesens mit einem anderen gleicher oder ähnlicher Art entspricht. Zwei Lebewesen können in der Tat ineinander diffundieren wie flüssige Kristalle, wenn dies auch nicht immer geschieht, sondern eine Amöbe eine andere aufzehren kann.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht augenscheinlich in der Art der Nahrungsaufnahme und des Wachstums. Bei Organismen kommt dabei nicht einfach physikalische Lösung und Ausscheidung in Betracht, sondern eine Menge noch nicht näher bekannter chemischer Reaktionen. Das Wachstum, die Ausscheidung von neuem Material erfolgt deshalb anscheinend nicht in kristallinischer Anordnung, sondern in

Form strukturloser kolloidaler Massen, die gewissermaßen das Gegenteil des Kristallzustandes darstellen.

Als besonders einfachen Fall derartigen Wachstums kann man die Bildung eines Stärkekorns betrachten. Ein solches wächst in einer gallertartigen Masse (im allgemeinen Stärkebildner oder Chromatophor genannt) ähnlich wie ein Sphärokristall — vielleicht deshalb, weil durch chemische Prozesse in der Gallerte eine übersättigte Stärkelösung entsteht, aus der

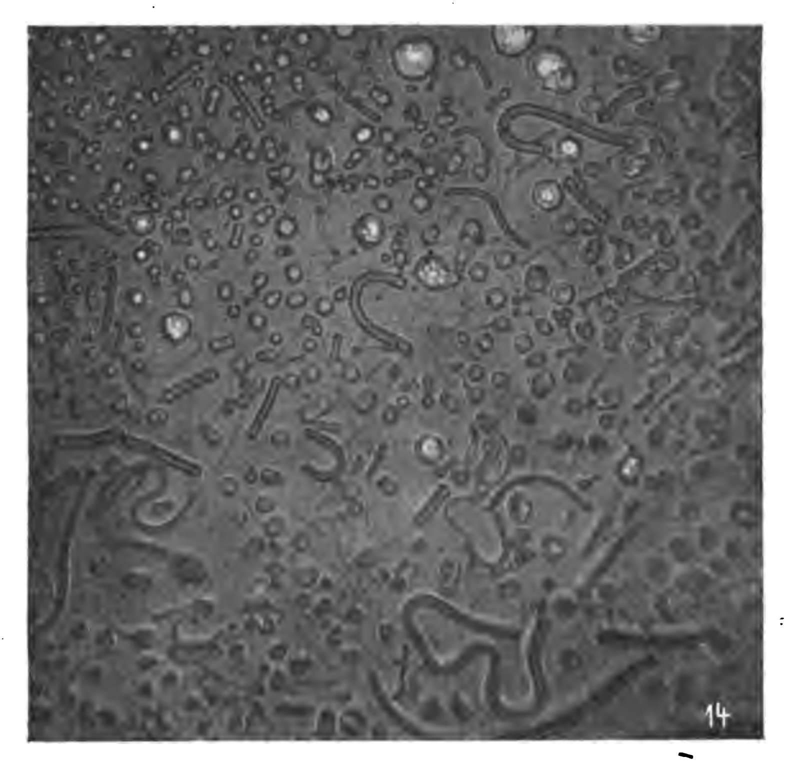


Fig. 42.

sich der Überschuß an Stärke ausscheidet. Wäre es möglich, künstlich Stärkelösungen herzustellen, in welchen sich ähnliche Stärkekristalle ziehen lassen, so müßte man die Bildung des Stärkekorns als Kristallisationsprozeß auffassen. Dies ist aber nicht möglich; die Lösung ist anscheinend eine kolloidale, aus welcher die Ausscheidung nicht in Form von Kristallen, sondern nur in Form gallertartiger Häute oder Niederschlagsmembranen stattfindet. Eine kolloidale Lösung kann nicht kristallisieren, denn sie besteht schon aus Kristallchen (eventuell auch amorphen Partikelchen), allerdings unsichtbar kleinen, welche in der Flüssigkeit suspendiert sind

und sich bei der Sedimentation regellos zu einer Gallerte zusammenflocken.

Meine Untersuchungen über das Wachstum der Kristalle haben zu dem Ergebnis geführt, daß bei gleicher Schnelligkeit der Ausscheidung und gleicher Zähigkeit der Lösung die Zahl der auftretenden Keime wesentlich durch die Löslichkeit der sich ausscheidenden Substanz bestimmt ist, mit abnehmender Löslichkeit bedeutend zunimmt und im Falle sogenannter Unlöslichkeit unmeßbar groß wird, so daß scheinbar überhaupt keine Ausscheidung stattfindet, da entsprechend ihrer großen Zahl die Partikelchen unwahrnehmbar klein sind und eine kolloidale Pseudolösung bilden, falls sie nicht sofort zu einer Gallerte oder Niederschlagsmembrane gerinnen.

Hiernach kann im Prinzip Gelatinierung auch ein Kristallisationsprozeß sein, der sich von anderen nur dadurch unterscheidet, daß unmeßbar viele, unsichtbar kleine Kriställchen entstehen, die natürlich nicht notwendig starr sein müssen, sondern auch weich sein können (z. B. Eiweißkristallchen), und sich regellos zu einer Art Schwamm zusammenhäufen, vielleicht auch teilweise verwachsen.

Der Umstand, daß Gallerten durch Zug und Druck stark doppelbrechend werden, weist darauf hin, daß durch Kraftwirkungen Parallelrichtung dieser winzigen Kristallindividuen möglich ist; der andere Umstand, daß speziell die kontraktilen Teile bei Organismen, wie Muskelfasern usw., stets erhebliche Doppelbrechung zeigen, läßt sich dahin deuten, daß sich in diesen Teilen die Parallelrichtung von selbst vollzogen hat, etwa ähnlich wie beim Zusammenfließen flüssiger Kristalle. Es scheint auch gar nicht unmöglich, daß sich in Organismen auch dann, wenn sie keine Doppelbrechung zeigen, durch spontane oder erzwungene Homöotropie eine regelmäßige Struktur der weichen Massen herstellt, insofern es ja auch zahlreiche schwach oder gar nicht doppelbrechende Kristalle gibt, die dennoch ähnliche Molekularkräfte ausüben wie die stark doppelbrechenden, ferner auch (nach Mallard) Zwillingsstrukturen. die vorhandene Doppelbrechung völlig verdecken.

Jedenfalls kann man auch fließende Kristalle in Form chemischer Niederschläge zur Ausscheidung bringen, z. B. Ammoniumoleat in Gestalt der Myelinformen. Die Bildung der Substanz auf chemischem Wege ist also kein besonderes Kennzeichen der Lebewesen.

Weit schwerer wiegend erscheint auf den ersten Blick der andere behauptete Fundamentalunterschied, daß Lebewesen die Fähigkeit der Selbstregulation ihrer Funktionen zu ihrer Erhaltung und ihrem Schutz besitzen, Kristalle dagegen nicht. Denken wir aber z. B. an einen halbreifen Apfel, der vom Baume fällt und, in den Keller gebracht,

seine Reife beendet, so können wir ihm ein gewisses Maß von Leben nicht absprechen, und doch ist es mit der Selbstregulation der Lebensfunktionen schlecht bestellt; er verdorrt oder verfault allmählich. Selbst ein welkes Blatt, das vom Baume fällt, besitzt noch etwas Leben, und ein scheinbar völlig abgestorbener Zweig kann, in die Erde verpflanzt, sich zu einem mächtigen Baum entwickeln. Ist es doch schon vorgekommen, daß ein als Brunnenstock bearbeiteter Baumstamm wieder Wurzeln und Zweige getrieben und trotz seiner Verwendung als Brunnenrohr sich zu einem normalen Baum regeneriert hat. Bei einem Samenkorn beobachten wir überhaupt keine Lebensfunktionen, und, daß nicht einmal chemische Änderungen darin stattfinden, beweist wohl der Umstand, daß solche Körner, die lange Jahre gelagert oder längere Zeit der



Fig. 43.

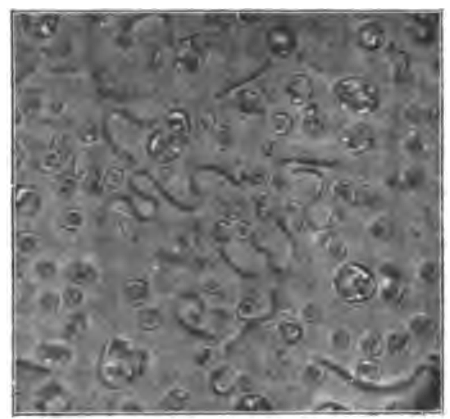


Fig. 44.

dem absoluten Nullpunkt nahen Temperatur der flüssigen Luft ausgesetzt waren, ihre Keimfähigkeit nicht eingebüßt hatten. In Getreidespeichern lagern riesige Quantitäten von Getreidekörnern ohne Nahrungsaufnahme oder Abgabe von Ausscheidungsprodukten in merklicher Menge. Dauersporen von Pilzen usw. sind von einer undurchdringlichen Haut umgeben. Ein Hühnerei oder eine Schmetterlingspuppe können lange liegen ohne bemerkbaren Stoffwechsel.

Die Regenerationsfähigkeit und Keimfähigkeit, die man geneigt sein könnte, als hervorragendes Merkmal der Organismen zu bezeichnen, findet sich auch bei Kristallen wieder und war schon oftmals, lange vor Entdeckung der flüssigen und scheinbar lebenden Kristalle, der Anlaß, an eine Verwandtschaft von Kristallen und Lebewesen zu denken (Kristallisation des Homunkulus in Goethes Faust II; Häckel, Generelle Morphologie, 1866 und: Lebenswunder, 1904; siehe ferner H. Przibram,

Arch. für Entwickelungsmechanik, 1906; E. Korschelt, Regeneration und Transplantation, Jena, 1907. Ein beliebiges Fragment eines Kristalls in übersättigte Lösung gebracht, heilt wieder zu einem vollkommenen Kristall aus im Gegensatz zu einem Stück eines amorphen Körpers, welches nicht wachsen kann. Ein Kristallstäubchen, das Jahrtausende untätig gelagert haben kann, wird zum Keim, wenn es in übersättigte Lösung gebracht wird, aus welcher sich ohne diesen Keim keine Kristalle ausscheiden würden. Der Erfolg des Einimpfens solcher Kristallkeime gleicht auch äußerlich dem Erfolg des Impfens von Nährgelatine durch eingebrachte Bakterien. Im letzteren Fall werden allerdings auch chemische Reaktionen ausgelöst, doch gilt dies ebenso für einen Kristallkeim, der die Umwandlung einer Kristallmodifikation in eine andere (z. B. mehr oder weniger wasserhaltige) veranlaßt, oder die Störung eines chemischen Gleichgewichts.

Als wesentlicher Unterschied wird indes betrachtet, daß bei hoher Übersättigung Kristallkeime in einer Lösung auch von selbst entstehen können, während dagegen Selbsterzeugung von Organismen (Urzeugung, generatio spontanea) unmöglich sein soll. Ein direkter Beweis dieser Unmöglichkeit läßt sich aber nicht führen; man kann nur sagen, sie sei bisher nicht beobachtet worden. Dagegen wird sie geradezu gefordert von der Kant-Laplace'schen Theorie der Entstehung der Erde aus einem von der Sonne abgelösten glühenden Gasball. Ein zuverlässiges Kriterium des Lebens ergibt sich vorläufig auch hieraus nicht.

Auch andere Eigentümlichkeiten der Lebewesen finden sich im Reiche der Kristalle wieder, ganz besonders bei unseren scheinbar lebenden Kristallen. Dem Prozeß der Verdauung fremder, fester Körper gleicht das Aufzehren anderer fester Stoffe von größerer Löslichkeit durch wachsende Kristalle, z. B. das Aufzehren von Schwefeltröpfchen durch Schwefelkristalle, von amorphem Zucker durch kristallisierten, von wasserfreien Kristallen durch wasserhaltige, von labilen polymorphen Modifikationen durch stabile, von Silbernitrat durch Silbersulfat bei Zusatz von Schwefelsäure usw.

Eine Amöbe, welche fremde Körper zur Verdauung in sich aufnimmt und die unverdaulichen Reste wieder ausstößt, macht die mannigfaltigsten Wandlungen ihrer äußeren Gestalt und inneren Struktur durch, kehrt aber, sich selbst überlassen, immer wieder zur Normalform und zu derjenigen Struktur zurück, durch welche sie sich von einem leblosen Eiweißklümpchen unterscheidet. Ganz ebenso ein flüssiger Kristall. Wir können ihn zerren, drücken und drillen, wie wir wollen, sich selbst überlassen nimmt er wieder normale Form und Struktur an, welche Erscheinung als „spontane Homöotropie" schon oben erwähnt wurde.

Der Kopulation zweier einzelliger Organismen entspricht die Kopulation zweier Kristalltropfen; in beiden Fällen besteht aber nur die Möglichkeit der Vereinigung; unter Umständen (vermutlich infolge der Störung durch Beimischungen) tritt keine Verschmelzung ein (Schichtkristall-Tropfen). Ganz wie im Reiche der Organismen auch Kreuzung möglich ist, d. h. Bildung von Bastarden bei Paarung ver-

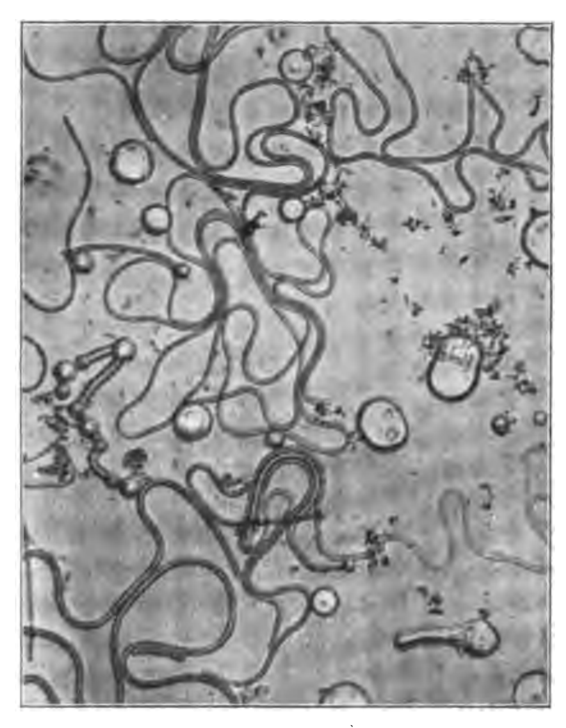


Fig. 45.

schiedener Arten, oder von Blendlingen bei Paarung verschiedener Rassen, so können durch Kopulation flüssiger Kristalle, d. h. durch mechanische Vermischung verschiedener Substanzen, Mischkristalle entstehen, deren Struktur ähnliche Abnormitäten zu zeigen pflegt, wie dies im Fall der Kreuzung beobachtet wird. Durch Aufnahme völlig fremder (nichtisomorpher) Stoffe kann geradezu gründliche Störung der Struktur und völlige Mißbildung hervorgerufen werden, welche z. B. an das Entstehen von Geschwülsten, Insektenstichen, Krebswucherungen und die verschiedenen sonstigen Wirkungen von Vergiftungen bei Organismen erinnern.

Bei polymorpher Umwandlung können sich Form und Struktur

eines Kristalls von selbst ändern, doch pflegen die neuen Moleküle in regelmäßiger Orientierung gegen die früheren aufzutreten, so daß auch der neue Kristall regelmäßig gegen den früheren gestellt ist und gewissermaßen eine verschobene Form darstellt. Ähnliches zeigt sich auch in der Entwicklung mancher Organismen, eine Unstetigkeit, die als „Generationswechsel" bezeichnet wird. Der Schmetterling ist regelmäßig orientiert gegen die Puppe, diese gegen die Raupe, aus welcher sie entstanden ist.

Während es früher als ein Hauptunterschied zwischen Kristallen und Organismen betrachtet wurde, daß erstere durch Apposition wachsen, letztere durch Intussuszeption, muß das Wachsen der „Kristallwürmer", der beschriebenen schlangenförmigen, fließenden Kristalle des Paraazoxyzimtsäureaethylesters als Wachstum durch eine Art Intussuszeption bezeichnet werden, insofern ihre Dicke gleich bleibt, obschon sie, wie das Fortschieben der häufig an den Enden vorhandenen Kugeln erkennen läßt, nicht nur hier, sondern an allen Stellen ihrer Oberfläche wachsen, was auch dem Satze entspricht, daß die Löslichkeit an allen Stellen der Oberfläche eines Kristalls dieselbe ist, wenn auch die Geschwindigkeit des Wachstums Differenzen zeigt. Bei Organismen ist das Wachstum allerdings insofern komplizierter, als die eingedrungene Substanz eine chemische Änderung erfährt (Assimilation und Dissimilation). Doch auch bei Kristallen kommt ähnliches vor. Quellbare Eiweißkristalle nehmen Wasser auf, welches sich chemisch mit der Kristallsubstanz verbindet unter Erzeugung einer Pseudomorphose der wasserhaltigen Substanz nach der wasserfreien. Dabei bleibt nicht nur die äußere Form im wesentlichen erhalten, sondern auch die Struktur, indem die neugebildeten Hydratmoleküle sich in regelmäßiger Stellung einlagern, wie in anderen Fällen von Pseudomorphosenbildung und bei polymorpher Umwandlung.

Die bei Kristallwürmern und bakterienartigen Stäbchen beobachteten Teilungsvorgänge und Bewegungserscheinungen sind weitere Analogien zu wahren Lebewesen, welche erst durch die Auffindung der scheinbar lebenden Kristalle bekannt geworden sind. Sie bedürfen noch näherer Prüfung, da ihre physikalischen Ursachen zur Zeit noch wenig aufgeklärt sind. Solange eine solche nicht vorliegt, kann eine grundsätzliche Verschiedenheit nicht behauptet werden.

Jedenfalls zeigen diese Analogien, daß eine präzise Definition des Lebens keineswegs so einfach ist, wie man auf den ersten Blick vermuten könnte, daß es manche Erscheinungen gibt, die man früher zweifellos als Äußerungen eines besonderen Lebensprinzips anerkannt hätte, obschon sie sicherlich nur Wirkungen der gewöhnlichen physikalischen und chemischen Kräfte bei lebloser Materie sind, ähnlich wie man vor Ent-

deckung der Synthese des Harnstoffes durch Wöhler die Bildung der organischen Stoffe einer besonderen Lebenskraft zuschrieb. Wäre aber die dualistische Theorie, welche das Leben auf ein bestimmtes Lebensprinzip, eine „Seele" zurückführt, die sich vom Körper trennen kann, zutreffend, so hätte die genaue Durchprüfung der Analogien den großen Wert, daß man zu einer scharfen Definition gelangen könnte, wodurch sich eigentlich wahres Leben von dem Scheinleben, wie wir es bei flüssigen Kristallen finden, unterscheidet, und welches diejenigen Erscheinungen sind, die notwendig auf das Vorhandensein einer Seele zurückgeführt werden müssen und daher deren Existenz beweisen.

Nach der üblichen Vorstellungsweise ist die Seele zwar an den Raum gebunden, den das Lebewesen einnimmt — denn erst beim Tode trennt sie sich davon —, sie ist aber kein Körper und kann deshalb auch nicht den gewöhnlichen Kraftwirkungen unterliegen, vor allem muß sie, falls man Übergänge zwischen Tier- und Menschenseele annimmt, d. h. wenn man sich auf den Standpunkt der Entwickelungslehre stellt (der Lehre von der Abstammung des Menschen von vorweltlichen Affen), etwas Unteilbares sein, ein Individuum, wie das eigene Bewußtsein lehrt, das wir uns nicht in zwei Personen gespalten denken können, was freilich nicht ausschließt, daß es tatsächlich doch möglich wäre.

Diese Auffassung begegnet aber gerade bei den niedrigsten Lebewesen den größten Schwierigkeiten. Was geschieht bei der Selbstteilung eines Bakteriums mit dessen unteilbarer Seele? Dr. Fr. Kuhn schreibt in einem Aufsatz, betitelt: „Aus dem Tagebuche eines Bakteriums" (Für alle Welt 13, 196, 1907), sehr anschaulich: „Während ich (das Bakterium) diese Zeilen schreibe, habe ich mich schon einige hundert Male gespalten, so daß ich gar nicht mehr weiß, ob ich noch Ich bin oder ein anderer. Daß dieses Sichspalten kein sehr angenehmer Vorgang und mit mancherlei Unbehaglichkeit verbunden ist, kann sich nur der vorstellen, der selbst schon einmal mitten durchgespalten worden ist. Man wächst, dehnt sich in die Länge; dann kommt ein Gefühl von Engigkeit, als wenn man platzen sollte, und plötzlich gibt es einen Knacks: Eben war man noch einer, auf einmal ist man zwei. Ehe man Zeit zur Überlegung hat und sich in diese neue Rolle des doppelten Bewußtseins recht hineinfinden kann, geht das Spiel schon wieder von neuem an." Indes tritt die Schwierigkeit gar nicht einmal nur bei der Selbstteilung auf, auch nicht allein bei den niedrigsten Lebewesen.

Wir haben beispielsweise im Garten einen Regenwurm ausgeschaufelt und zufällig mit dem Spaten entzweigeschnitten. Beide Hälften kriechen fort und heilen wieder zu normalen Würmern aus. Welche Hälfte enthält nun die Seele? Ist die Seele, obschon sie kein Stoff ist,

durch das stoffliche Werkzeug, den Spaten, ebenfalls entzweigeschnitten worden? Oder — wir schneiden mit dem Messer einen Zweig von einem Weidenbaum und pflanzen ihn in die Erde. Er wächst zu einem neuen Baum aus. Haben wir mit dem Zweig auch ein Stück der Baumseele abgeschnitten und ist diese mit dem Zweig gewachsen und wovon, da sie sich doch nicht von Materie ernähren kann?

Diese relativ niederen Lebewesen besitzen ein Regenerationsvermögen ähnlich wie Kristalle, und man hat deshalb umgekehrt auch den letzteren Leben zugesprochen. Unter andern sagt Fr. Mauthner in „Nord und Süd" (Deutsche Monatsschrift von Paul Lindau, Heft 326, S. 214):

„Es ist für mich gar kein Zweifel, daß der Kristall in der kurzen oder langen Zeit seiner Entstehung oder seines Wachstums allen irgend möglichen Definitionen des Lebens entspricht, daß der werdende Kristall lebt, daß erst der fertige Kristall tot, unorganisch ist. Ja vielleicht lebt so ein Kristall noch Jahrtausende nach seinem Werden in einer Art von Winterschlaf. Wachstum, Nahrungsaufnahme ist dem werdenden Kristall eigen. Er habe keine Empfindung? Was wissen wir von der Empfindung einer Pflanze, von der Empfindung eines Protisten? Mit welchem Rechte behaupten wir, daß der werdende Kristall kein Innenleben habe? Zum mindesten besitzt der Kristall das, was ich nicht anders als Gedächtnis für seine Form nennen kann!" Die Regenerationsfähigkeit der Kristalle und ihr gesamtes physikalisches Verhalten, namentlich aber das der flüssigen Kristalle können wir nun nicht anders begreifen, als indem wir sie uns als Aggregate von Atomen oder Molekülen denken.

Ein Knabe beobachte einen Schmied bei seiner Arbeit. Er sucht die Arbeit zu begreifen. Wann hat er sie vollständig begriffen? Dann, wenn er wenigstens in Gedanken imstande ist, sich an die Stelle des Schmiedes zu versetzen und durch seine eigene Muskelkraft das Eisen in gleicher Weise zu formen!

Genau so ergeht es uns, wenn wir versuchen, die Naturerscheinungen zu begreifen. Verständlich erscheinen sie uns nur dann, wenn wir sie uns als Wirkungen unserer eigenen Muskelkraft vorzustellen vermögen, d. h. als Wirkungen von ähnlichen, unteilbaren Wesen wie unser eigenes Ich, als Wirkungen von Atomen, welches Wort nichts anderes bedeutet als Individuum.

Zunächst sind diese Atome nur Spiegelbilder unserer eigenen Person, und ihre Kraftwirkungen solche unserer eigenen Kraft. Zum vollen Verständnis müssen wir ihnen auch eine Seele zuschreiben, wenn auch deren geistige Fähigkeiten, wie Empfindung, Gedächtnis usw., als äußerst minimale zu betrachten sind, und ihr auch jeder freie Wille aberkannt

werden muß. Kommt den Atomen aber eine Art Seele zu, so erscheint auch ein Kristall, ähnlich wie eine vielzellige Pflanze, als eine Art Lebewesen, freilich von allerniedrigster Stufe. Warum soll nicht durch Herstellung einer Art telegraphischer Verbindung zwischen den Atomseelen ein Lebensfaktor entstehen können, der uns z. B. als Seele eines Bakteriums erscheint?

Auch bei höheren Organismen finden wir Regenerationsfähigkeit, namentlich in den Anfangsstadien ihrer Entwicklung. Wird der Inhalt eines Froscheies ohne sonstige Beschädigung desselben in zwei Teile zerquetscht (weniger korrekt als drastisch ausgedrückt), so entwickeln sich darin zwei Frösche, wie wenn ein in der Mutterlauge wachsender Kristall in zwei Teile gespalten worden wäre. Es muß also auch die Froschseele zerquetscht worden sein, wenn eine solche existierte. Daß der ausgewachsene Frosch nicht einfach in zwei Hälften zerschnitten werden kann, deren jede sich wieder zu einem ganzen Frosch regeneriert, liegt nach den Forschungen von H. Przibram*), abgesehen von Verblutung usw., lediglich daran, daß die Zellen an der Schnittfläche infolge der Arbeitsteilung die Fähigkeit verloren haben, alle die Stoffe zu liefern, die für die Neubildung erforderlich sind; kurz gesagt, der Grund ist mangelhafte Ernährung. Denken wir also an den bekannten, mit dem Säbel gespaltenen Türken, so wäre, Identität von Tier- und Menschenseele angenommen, auch hier der Tod nur durch die mangelhafte Ernährung verursacht. Insofern aber die Ernährung für einen Moment noch zureicht, muß man annehmen, daß im Prinzip beide Hälften zunächst noch leben, daß also auch die Seele gespalten wurde, das Schwert somit eine neue Seele geschaffen habe.**) Erfolgt der Tod, so steigen nicht eine, sondern zwei Seelen zum Himmel auf, falls nicht etwa der Schnitt schräg geführt ist und die Seele der mehr vom Kopf enthaltenden Hälfte zur Hölle fährt. Indes die Atom-, Pflanzen- und Tierseelen besitzen ja keinen freien Willen und können sich deshalb auch nicht zu einer Menschenseele entwickeln, die für ihre Handlungen verantwortlich ist. Gleichen sie aber nicht der Menschenseele, weshalb sollen wir diese nicht als teilbar annehmen?

Dieselben Schwierigkeiten, welche das Verständnis der Teilung bezüglich der Existenz der Seele bereitet, liegen auch bei der Kopulation vor. Was geschieht mit den Seelen zweier einzelliger Organismen, wenn sie zu einem Individuum verschmelzen? Der Verfasser des oben erwähnten Tagebuchs eines Bakteriums hat vergessen, die Empfindungen zu schildern, wenn zwei liebende einzellige Wesen nicht nur bildlich,

*) H. Przibram, Archiv für Entwicklungsmechanik 22, 207, 1906; Naturw. Rundschau 21, Nr. 47, 48, 49, 1906 und: Das Wissen für Alle 1906, 451, 467 u. 483.

**) O. Lehmann, Frankfurter Zeitung v. 14. 1. 07, Nr. 14.

sondern in realster Wirklichkeit durch Kopulation ein Herz und eine Seele werden. Auch hier sind die Schwierigkeiten dieselben, wenn die Kopulation nicht automatisch, sondern künstlich erfolgt. Es bietet keine Schwierigkeit, einen Zweig eines Baumes auf einen andern zu pfropfen. Verschmelzen dabei die beiden Baumseelen? Man kann nach Joest*) Teile zweier verschiedener Würmer zu einem Individuum aneinanderheilen, selbst solche verschiedener Arten; ja es lassen sich lebensfähige Gebilde aus drei und mehr Würmern herstellen, selbst ringförmige Aggregate, die aufgeschnitten wieder einen Wurm ergeben. Zur Straßen gelang es, Spulwürmer im Jugendstadium zu Riesenembryonen von völlig einheitlicher Struktur zu vereinigen. Bei Seeigeleiern und -Larvenstadien sind durch Morgan und Driesch durch Verschmelzung bei paralleler Orientierung der Achsen doppeltgroße Tiere erzielt worden (Pluteus-Larven). Born**) war imstande, die Hälften von Kaulquappen eines grünen und eines braunen Frosches aneinanderzuheilen, und Harrison gelang es, aus deren Verwandlung zusammengesetzte Frösche zu erhalten. Die Vereinigung war eine dauernde und vollständige. H. Przibram (l. c.) gelang derselbe Versuch mit roten und gelben Polypen. Im Prinzip müßte somit ein geschickter Chirurg imstande sein, die beiden Hälften unseres gespaltenen Türken wieder zusammenzuheilen und damit auch die Hälften der gespaltenen Seele wieder zu einer einzigen zu vereinigen. Wie aber, wenn er in der Eile sich vertan und die eine Hälfte des Türken mit der entsprechenden eines Mohren verbunden hätte? Als was würde sich ein solcher „Verbundmensch“ fühlen, als Türke oder als Mohr? Könnte auf diesem Wege gar eine neue, schwarz-weiße Menschenrasse geschaffen werden? Vor allem aber, wie gestalten sich die Erinnerungen! Würde ein halber Mathematiker mit einem halben Physiker verbunden wohl einen vorzüglichen mathematischen Physiker ergeben? Welches Schicksal würde der halben Seele eines Heiligen zuteil, welche mit der Hälfte einer dem Teufel verfallenen Seele verbunden würde? Auch hier sieht man, wie die Identifizierung von Menschen- und Tierseelen zu merkwürdigen Konsequenzen führt. Betrachten wir sie aber als verschieden, so steht nichts im Wege, der Tierseele auch Verschmelzbarkeit zuzuschreiben.

Die Vorstellung der Unteilbarkeit und Unverschmelzbarkeit der Menschenseele beruht in erster Linie auf unserem Selbstbewußtsein. Ein Beweis dafür kann indes nicht abgeleitet werden, denn auch andere Dinge sind uns unfaßlich, z. B. die unendliche Ausdehnung der Welt.

In seinem Werke: „Beiträge zu einer Kritik der Sprache“ (Stuttgart, Cotta, 1906, 2. Aufl., Bd. 1, S. 662) äußert sich Fr. Mauthner: „Das

*) Joest, Archiv f. Entwicklungsmechanik, 5, 419, 1897.

**) Born, Archiv f. Entwicklungsmechanik 1896.

Ichgefühl ist eine Täuschung, ist die Täuschung der Täuschungen. Ist aber das Ichgefühl, ist die Individualität eine Lebenstäuschung, dann bebt der Boden, auf welchem wir stehen, und die letzte Hoffnung auf eine Spur von Welterkenntnis bricht zusammen. . . . Wir werden mit unserer armen Menschensprache die Frage der Individualität nicht lösen."

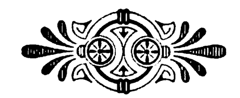
Bezüglich der Seele heißt es auf S. 243: „Man kann die Seele zehnmal nachgewiesen haben als ein leeres Wortgespenst, der Begriff bleibt dennoch wichtig für die Geschichte des menschlichen Denkens . . . Die Geschichte des Seelenbegriffs ist eine unendlich langsam wachsende Einsicht in seine Widersprüche."

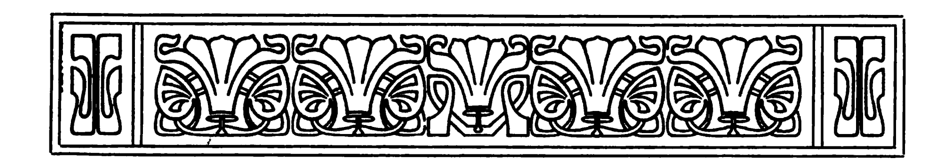
Die Theologie kennt solche Schwierigkeiten nicht, sie beruft sich auf das unantastbare Dogma, daß der Mensch eine unteilbare, mit anderen Worten nicht vermischbare, unsterbliche Seele besitzt, somit jede Auffassung, welche damit nicht harmoniert, irrtümlich sein muß.

Da sich die Tier- und Pflanzenseelen zweifellos teilen lassen und nicht der mindeste Grund vorliegt, eine Unsterblichkeit derselben anzunehmen, müssen sie notwendig von der Menschenseele gänzlich verschieden sein. Sie besitzen auch nach der üblichen Annahme keine Vernunft, keinen freien Willen. Existiert eine Regenerationsfähigkeit des Menschen im obigen Sinne, so folgt daraus höchstens, daß er neben der eigentlichen, unteilbaren Seele noch eine tierische Seele besitzt, die sich teilen läßt und mit der Materie entsteht und vergeht. Die Existenz pflanzlicher und tierischer Seelen ist aber kein Dogma; es widerspricht der kirchlichen Lehre keineswegs, wenn man dieselbe leugnet; ja der Beweis der Nichtexistenz (im Sinne unvollkommener Menschenseelen) wäre geeignet, zahlreiche falsche Auffassungen zu beseitigen, die sich aus der Verwechslung der beiden Seelenbegriffe ergeben. Die Theologie würde die Entdeckung eines wirklichen Zusammenhanges zwischen anorganischer und organischer Welt, sie würde den selbstverständlich bis jetzt nicht erbrachten Nachweis, daß die scheinbar lebenden Kristalle wirkliches Leben (in dem Sinne, daß überhaupt alle Materie lebt) besitzen, geradezu als Bestätigung ihrer Lehre von der Wesensverschiedenheit von Menschen- und Tierseelen begrüßen können (E. Wasmann S. J.). Vorläufig sind wir nicht imstande, diesen Nachweis zu führen, schon deshalb nicht, weil eine exakte Definition des Lebens fehlt. Vielleicht wird aber durch sorgfältiges Studium der Erscheinungen eine solche gefunden. Dies allein wäre ein wichtiges Ergebnis der Forschungen über flüssige Kristalle.

Da in Referaten über meine Arbeiten einmal behauptet wurde, diese Arbeiten hätten die Tendenz, die Haeckel'sche Auffassung zu stützen, das andere Mal, sie seien ein Beweis für die Wasmannsche Ansicht, so halte

ich es für nötig, zum Schluß nochmals zu betonen, daß der Begriff „Seele“ nur deshalb von mir nebenbei in Betracht gezogen wurde, weil die fraglichen Erscheinungen außerordentliche Ähnlichkeit mit solchen Vorgängen bei Lebewesen zeigen, welche man als Äußerungen einer Seele betrachtet. Mein eigentliches Ziel ist die experimentelle Erforschung jener Vorgänge, welche mir für die Physik von großer Bedeutung zu sein scheinen. Wir können zu einem Verständnis der Struktur der Kristalltropfen nur auf Grund der Molekularhypothese gelangen. Somit ist zu hoffen, daß die nähere Erforschung ihrer Eigenschaften zu gründlicher Kenntnis der Molekularkräfte und der Molekularkonstitution der Stoffe führen wird, wenn auch nur im bisherigen Sinn, d. h. so, daß wir sagen können, das Verhalten ist ein solches, als ob diese Molekularkräfte wirken. Vielleicht auch wird der Erforschung die direkten Gewinnung mechanischer aus chemischer Energie gelingen, ein Hauptproblem der Technik, weil die vorübergehende Umsetzung in Wärme, wie z. B. bei Dampfmaschinen usw., mit ungeheueren Verlusten verbunden ist, während die Lebewesen solche Verluste zu vermeiden wissen.





Betrachtungen über die Mondregion Copernicus.

Von **Phil. Fauth** in Landstuhl.

(Fortsetzung.)

Jahrzehntelang schlief gleichsam die Mondforschung; ihre Pflege war wohl guten Händen anvertraut, aber da Jul. Schmidt bald an diesem, bald an jenem Observatorium tätig war, blieb die Anregung eines bestimmten Liebhaberkreises durch den Meister bei dessen unsicherem Wohnsitze ausgeschlossen. Die großen Taten der Monduntersuchung spielten sich im geheimen ab. Dafür geschahen allerlei kleine Taten, die immerhin vorübergehendes Interesse in Fachkreisen verrieten und durch ihre Veröffentlichung Anregung schufen; es gehören hierhin u. a. die Zeichnungen von Secchi, Tempel und Neison. Des ersteren Abbildung des Copernicus in seinem Buche „Die Sonne", 1878, will eine Darstellung des in höherer Beleuchtung glänzenden Kraters sein und darf mehr als ein Versuch malerischer Übersicht, denn als ein treues Abbild der Einzelzüge gelten. Wenn deren Ansicht auf den Kenner einen sonderbaren Eindruck macht, so rührt das zum großen Teile daher, daß eine ungewöhnliche Darstellungsmanier halb die Naturtreue in den markanten Zügen, halb die Wirkung des Totalbildes auf den darüber schweifenden Blick erstrebte. Da Secchi auch noch den imposanten 9-Zöller des Collegio Romano anwendete, so litt die Ruhe der Zeichnung unter der qualvollen Wahl innerhalb einer Überfülle von Stoff. Das Resultat war denn auch ein kompliziertes Bild, das ebensowenig den wahren Anblick der Formation, etwa am 12. Mondtage, wiedergibt, als die Probe wissenschaftlicher Kritik im einzelnen aushält — ein lehrreiches Beispiel, daß man so vielgestaltige Objekte nicht in einer Sitzung am Fernrohre aufzeichnen kann, sicher niemals an einem großen. — Genau den gleichen Effekt erzielt die Zeichnung, welche Neisons in seinem Mondwerke bringt, obwohl er Spezialist auf diesem Gebiete war; ja hier ist es unmöglich, auch nur die groben Züge zu identifizieren, wie die Gegenüberstellung mit einer vergrößerten Photographie lehrt. — Tempels Zeichnung

ist fein, aber zu klein; man erkennt den geübten Zeichner, vermißt aber den Kenner der Mondplastik: das Bild ist mehr Manier als Naturwahrheit. Zwei ebensolche Miniaturen, welche Hefti und Prof. Weinek anfangs der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts veröffentlicht haben, weisen angesichts der verwendeten kleineren Fernrohre nur summarische Übersichten auf; die von Hefti zeichnet sich dabei durch schlichte Naturwahrheit aus. Von wissenschaftlichem Interesse sind solche Bilder freilich nicht, denn heute weist auch eine minder gute photographische Aufnahme des Mondes mehr Detail als derartige Handzeichnungen auf.

Inmitten solcher mehr gelegentlichen Bemühungen war Schmidt, der seit 1859 in Athen seinen dauernden Aufenthalt genommen hatte, zu einem vollwertigen Selenographen ausgereift und hatte die Neumappierung des ganzen Mondes vollendet, ja nach mancherlei Versuchen und Fährlichkeiten sogar in einer Übersichtskarte niedergelegt. Es ist dies die 1878 gedruckte „Charte der Gebirge des Mondes" von sechs Fuß Durchmesser. Hier sticht nun Copernicus nicht bloß von seiner näheren Umgebung, sondern auch von der Mondkarte stark ab, denn Schmidt hat eine Fülle von Einzelheiten auf dieses Gebilde zusammengedrängt, so daß die Lesbarkeit darunter leidet. Der „Erläuterungsband" gibt Aufklärung darüber, daß am 17. und 18. Mai 1853 und am 27. März 1855 an den 14füßigen (9zölligen) Refraktoren in Berlin und Rom beobachtet worden ist. Die Erfahrung lehrt aber, daß einmal entdeckte Gegenstände oder Züge späterhin auch an kleineren Instrumenten relativ leicht gesehen werden. So kommt es denn, daß die Copernicusregion nach Schmidt ungewöhnlich reichhaltig wurde. Seitdem wurde keine Darstellung mehr versucht, bis die Photographie neue Aussichten zu einer tieferen Erkenntnis des Terrassenbaues dieser typischen Formation brachte, zum Teil auch die Skelettlinien und Positionen lieferte, auf Grund derer des Verfassers Karte mit Hilfe einer Anzahl Einzelaufnahmen ausgearbeitet werden konnte.

Die photographischen Negative der Licksternwarte auf dem Mount Hamilton bei San Franzisko haben zu keiner günstigen Darstellung des vorwürfigen Gebietes geführt; auch enthält der Lick-Atlas keine Tafel, auf welcher Details ausgeprägt wären. Nach einer Aufnahme vom 28. Juli 1891 aber, die wohl zu den besseren zu zählen war, hat Professor L. Weinek eine vergrößerte Tuschzeichnung angefertigt, welche, wie es 1894 scheinen wollte, eine ganz neue Ära der Mondforschung einleiten sollte. Auf dem Bilde waren vielleicht tausend Runzeln oder feine Rillen zu sehen, ähnlich den Kanälchen in einer geronnenen Masse. Die Diskussion dieser Details und anderer Platten hat aber zu dem Ergebnis geführt, daß es sich hier um Verzerrungen innerhalb der

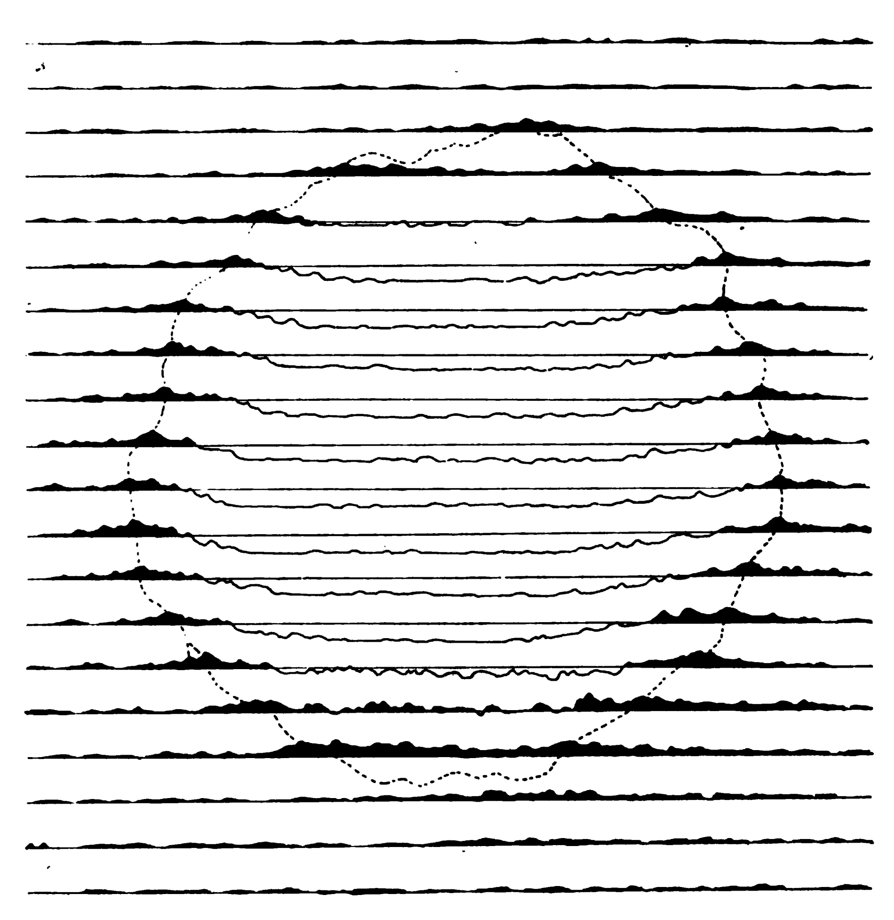
photographischen Schichte handelt — und so war denn Copernicus wieder zu der bekannten komplizierten Einfachheit zurückgekehrt, die der Fernrohranblick gewährleistet. — Die wunderbaren Tafeln des großen Pariser Mondatlas geben mehrere sehr gute Übersichten über die gröbere Plastik und über die Helligkeitsverteilung unserer Region, und die auf der Yerkes-Sternwarte am dortigen 40-Zöller gemachte neueste Aufnahme geht noch ein wenig über diese Tafeln hinaus. Es ist für den Sachkenner ein hoher geistiger Genuß, an der Hand dieser Tafel — leider ist sie nur in Autotypie verbreitet — die Eindrücke wieder wachzurufen, welche häufige Beobachtungen am Okular ins Gedächtnis eingeprägt haben. Und dennoch ist lange nicht das erreicht, was der direkte Anblick im Fernrohr verbürgt. Was ein 8- oder 9-Zöller zu untersuchen gestattet, geht soweit über die hochentwickelte Leistung der Photographie hinaus, daß es nach des Verfassers Schätzung mit Mitteln wie den heutigen nicht gelingen wird, das zu photographieren, was man direkt sehen kann. Aber unschätzbare Dienste gewähren uns diese Platten, wenn sie zur Gewinnung von selenographischen Positionen in der Weise und Genauigkeit mikroskopisch vermessen werden, wie es an der Sternwarte zu Breslau geschieht. Fundamentalörter von lunaren Gegenständen, auf denen eine Umrißkarte des Mondes in großem Maßstabe basiert, das sind die Erfordernisse der praktischen Selenographie der nächsten Jahrzehnte. Diese Erfordernisse zu realisieren, steht der Verfasser nach der schon weiter oben angegebenen Sachlage gerade im Begriff.

Die bedeutenden Kartenwerke über den Mond, zu denen auch die Nasmyth-Carpentersche Selenologie zu zählen ist, da sie ein bemerkenswert kunstvolles Reliefbild der Copernicus-Partie enthält, geben auch textlich eine Fülle von beschreibenden Angaben. Diese dienen vorwiegend dem praktischen Gebrauch am Fernrohre, und so wiegen die statistischen Momente, Maß und Zahl, vor. Mädlers groß angelegtes klassisches Werk: „Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen“, 1837, widmet unserem Gegenstande fast fünf Quartseiten; Lohrmanns Text, wie er ursprünglich geplant und im 1. Bande 1824 begonnen war, hätte wohl noch ausführlicher berichtet. Die Fassung von 1878 behandelt die ganze „Sektion VI“, um deren nordwestliches Viertel es sich hier handelt, auf einer Seite. Schmidt gibt einzig und allein die nackten Tatsachen und Belege zu seiner Karte, die im übrigen für sich selbst spricht. Sehen wir von Nasmyths Spekulationen selenologischer Natur ab, so beschreibt nur Neison („Der Mond, die Beschaffenheit und Gestaltung seiner Oberfläche“, 1881) das breit und ausführlich, was allerdings dem beigegebenen Atlas mit schematischen Übersichtskärtchen zu verraten versagt ist. Freilich ist auch dieser Text für den „Dienstgebrauch“

bestimmt. In den folgenden Zeilen sei nun der Versuch gemacht, dem Leser die Verhältnisse auch dann näher zu bringen, wenn er über optische Instrumente nicht verfügt.

Die Mondformation Copernicus ist keineswegs zu den größten Ringgebirgen der diesseitigen Hemisphäre zu zählen. Der Durchmesser dieses Ringgebirges von fast 90 km ist zwar bedeutend, so daß z. B. die Rheinpfalz in dem Umkreise Platz hätte, den die Kammlinie des Hauptwalles beschreibt. Aber es gibt eine ganze Anzahl anderer umwallter Senken, die das Doppelte und mehr messen, so Humboldt und Bailly (180 km), Grimaldi (190 km), Schickard (200 km), Clavius (232 km). Auch die Tiefe der Einsenkung weist nicht gerade extreme Verhältnisse auf, indem sie von der Eintiefung der Rundgebirge Tycho und Theophilus z. B. um das anderthalbfache übertroffen wird. Und dennoch gibt es kein schöneres und besseres Beispiel für einen mit allen Zutaten ausgeschmückten und scharf charakterisierten „Mondkrater" als Copernicus. Neben seiner Größe und seiner plastischen Modellierung verdankt er diesen Vorzug einer gänzlich isolierten Lage, die weder durch eine allzu wichtig konkurrierende Nachbarschaft anderer Krater, noch durch den engeren Anschluß an andere Gebirgsmassen beeinträchtigt wird. Frei und stolz liegt das Erzeugnis lunarer Gebirgsbildung da, zugleich nur um wenige Grade der Mondkugel von deren scheinbaren Mitte entfernt, und fernerhin umrahmt von einer Strahlenkorona, die das wechselnde Spiel mannigfacher Einflüsse in toller Laune aus einem Wirrwarr von Bändern, Strichen und Flecken geflochten zu haben scheint. Copernicus ist einzigartig am Monde, ebenso an Majestät des Aufbaues wie an Kraft und vielbedeutender Konstruktion seines Ausschmuckes. Er ist ein Kardinalrätsel an der „großen Hieroglyphe", wie schon Mädler das Antlitz unseres Nachbarplaneten genannt hat. — Der Wall selbst ist in dem Verlaufe seiner Kammlinie zwar einem Vielecke ähnlich, da man 9 bis 10 markante Vorsprünge zählt, schließt sich aber ziemlich genau an die Kreisform an. Im übrigen bewegt sich die Kammlinie in der sonst nicht allzu häufig, auch nicht allzu deutlich ausgeprägten Form der Serpentine, so daß die wahre Länge derselben (statt 283 km) 300 km mißt. So unruhig ihr Verlauf in der Horizontalen ist, so zahme Verhältnisse zeigt die Kammlinie in vertikaler Richtung. Sachkenner haben zwar von fünfzig Gipfeln berichtet, jedoch erheben sich diese nur „etwas höher" als der Kamm und verraten sich nur ganz wenig in der Schattensilhouette; besser sind sie bei Sonnenaufgang als ein nach und nach in die Beleuchtung gerückter Perlenkranz zu erblicken. Nur zwei hervorragende Gipfel von nennenswerter Seitenböschung sind vorhanden. Im Westen reicht die nach innen etwas von der Richtung des Wall-

kammes verschobene Spitze A 3600 m über den Kraterboden und gewährt demnach eine völlige, ungestörte Rundsicht für einen angenommenen Beobachter über die ganze Depression. Nach Westen zu, also über die Teile des allgemeinen Mondniveaus, würde freilich der Blick nicht ebenfalls rund 110, sondern nur knapp 70 km weit tragen und dabei durch



Mondringgebirge Copernikus in 20 Profilen.

eine Reihe vorgelagerter Querzüge und Barren gestört sein. Eine ganz ähnliche Erhebung soll den Nordwestwall auszeichnen, ja sie soll noch 100 m höher reichen. Im Osten kennt die Mondliteratur bloß eine Stelle, die mit dem Buchstaben γ bezeichnet ist und die, wenn es hoch kommt, bis zu 3300 m über die Innenfläche aufsteigt. Entsprechend dem regelmäßigen Bauplane aller Mondkrater liegt nun die Senkung

sehr viel tiefer als die äußere Umgebung des Ringgebirges. Rechnet man etwa 1000 m für die mittlere Höhe des Walles über der Umgebung und 3200 m Eintiefung desselben, was den Verhältnissen entsprechen dürfte, so ergibt sich daraus, daß die Kraterebene, die einen Durchmesser von 56 km besitzt, 2200 m unter dem Niveau des Mondes liegt. Angesichts solcher Größen darf man das beträchtliche Relief des Copernicus, wie es der bloße Anblick schon vermittelt, als tatsächlich bestehend anerkennen. Nicht immer aber ist am Monde das Aussehen des Gegenstandes gleichbedeutend mit seinen wahren Eigenschaften. Die Eigentümlichkeit, daß wir den Dingen mehr oder minder auf den Kopf sehen, bringt alle Nachteile einer „Vogelschau" mit sich. Dabei entbehren die Schatten der von der irdischen Erfahrung her gewohnten Weichheit, und die Profile der vertikalen Gliederung müssen aus den Schlagschatten der Wälle und Einzelberge entnommen werden. Letztere geben niemals die wahre Form der Berge an; sie verzerren dieselbe in Richtung der Länge (Höhe) und täuschen so dem an diesen Anblick nicht gewöhnten Auge übertriebene Höhen und eine unmögliche Steilheit der Böschungen vor. Die Schwärze und Detaillosigkeit der Schatten aber spiegelt Abgründe vor, die in Wirklichkeit niemals vorhanden sind. Die Plastik eines derartigen Ringwalles ist — man kann das für alle Fälle behaupten — eine Täuschung, auch wenn im Einzelfalle recht bedeutende Höhenentwickelung vorliegt. Das Verhältnis der vertikalen Maße zu den horizontalen ist immer ein sehr bescheidenes, in unserem Falle 2,2 : 90, d. h. die Wallhöhe beträgt bei Copernicus noch nicht 2,5 % des Walldurchmessers.

Bei alledem muß man in Betracht ziehen, daß der Wall nirgends unmittelbar zur Ebene abfällt. Nach Ausweis der besten Photographien liegen ihm im Innern zwei bedeutende Terrassenzüge vor, die aber in mehrfachen Stufen zur Tiefe überleiten. Die Breite dieses Vorlandes mag rund 15 km betragen; somit ist dasselbe siebenmal breiter als hoch. Also auch mit der anscheinenden Steilheit der inneren Böschung sieht es in Wahrheit anders aus als nach dem bloßem Anscheine, wobei natürlich nicht behauptet sein soll, daß die einzelnen Terrainstufen nicht recht bedeutende Hänge aufzuweisen hätten. Tritt so, wenn man sich die Verhältnisse der Innenseite vergegenwärtigt, der alpine Charakter des imposanten Kraters aller Vermutung entgegen stark in den Hintergrund, so verschwinden die Härten der photographischen Züge völlig beim näheren Betrachten der Außenhänge mit ihrer vielfachen Gliederung des Vorlandes im Westen und mit ihrer sonderbar massig erscheinenden Terrassierung im Osten. Schmidts Messung des östlich geworfenen Wallschattens hat eine Höhe von rund 850 m für die Kamm-

linie ergeben. Wollen wir uns also ein Bild von der wirklichen Herausmodellierung des Copernicus machen, so müssen wir eine gründliche Reduktion des aus dem Anblick und aus der Länge und Tiefe der Schatten gewonnenen Materials vornehmen. Statt aller weiteren Worte wolle man die Serie von Querschnitten prüfen, die auf Seite 513 im Bilde vorgeführt ist. Die Querschnitte beruhen auf der Spezialkarte des Verfassers und sind dicht genug gelegt, um einen Einblick in den Bau des Kraters zu gewähren; sie lassen zugleich erkennen, wie unscheinbar die Gruppe der zentralen Erhebungen ist. Schmidt hat den östlichen Gipfel der mehrfachen zentralen Gruppe gemessen, als sein Schatten bald nach Sonnenaufgang gegen Osten lag, und hat für ihn 590 m gefunden. Den westlichen hat er bei sinkender Sonne im letzten Mondviertel zu 550 m bestimmt. Diese Kuppen sind also weniger massig gestaltet als z. B. der Donnersberg in der Rheinpfalz. Die zentralen Hügel erfüllen übrigens in ziemlich gleichmäßiger Weise die ganze Ebene, nur treten sie in deren südlicher Hälfte derber und mit Kuppenbildung auf, in der nördlichen mehr als ganz feine, meistens von *SO* nach *NW* streichende Adern, die nur von einem sehr geübten Mondbeobachter wahrgenommen werden können. Selbst Schmidt verzeichnet keine Spur der letzteren, obwohl er bei drei Gelegenheiten mit 14füßigen Refraktoren den Copernicus beobachtet hat. Interessant ist auch, daß die Zentralhöhen mit ihren Gipfeln noch um fast $1\frac{1}{2}$ km unter dem äußeren Niveau des Mondbodens bleiben. Alle diese Umstände kommen in Betracht, wenn der Selenograph zum Selenologen wird, und sie fallen um so schwerer ins Gewicht, als bis zum heutigen Tage der Selenologe seine Schlüsse mehr aus den Prämissen zog, welche ein trügerischer Anblick mit hinterlistigen Beleuchtungseffekten darbot, — weil er in vielen Fällen gar nicht oder zu wenig Selenograph war. Der fundamentalen Tatsache eines im ganzen genommen doch recht bescheidenen Reliefs gegenüber treten einige Anomalien im Verlaufe der Kammlinie stark zurück, wie sie z. B. augenfällig im Westen und Südosten auftreten. Schließlich liegen interessantere Probleme vor in der Bildung der äußeren, mit dem Walle organisch verbundenen Höhen und in der Gliederung der Wallausläufer. Hier ist die ganze Umgebung des genauesten Studiums wert, ja dringend bedürftig. Schmidt hat schon in der großen Mondkarte den Hauptcharakter dieser Sphäre trefflich ausgeprägt. Aus dieser Wiedergabe, aus einer Yerkes-Photographie und des Verfassers neuer Karte geht klar hervor, daß sich die weit hinausziehenden Bergadern nicht, wie man zunächst glauben sollte, radial vom Walle aus erstrecken, sondern daß sie in vier deutlich geschiedenen Gruppen die vier Zwischenhimmelsgegenden einhalten. Die Region des *SW*-Quadranten ist jenseits der noch zum

Walle gehörigen Vorberge südwestwärts von flachen und feinen Adern bedeckt, die teilweise mit einer recht großen Zahl in Reihen geordneter Gruben verbunden erscheinen. Nordwestlich ziehende Höhen, Kraterreihen und Spalten finden sich fast nur im *NW*-Quadranten des Copernicus; schon die Vorberge des zerklüfteten Walles nehmen an dieser Anordnung teil. Südöstlich gerichtete Ausläufer, Bergreihen und Spalten oder auch breitere Talflächen liegen im *SO*-Quadranten und divergieren auswärts ein wenig. Der *NO*-Quadrant weist wieder fast genau parallel gerichtete, feine, schmale, aber plastisch hervortretende Adern auf, mit denen im *SW* korrespondierend, wie denn überhaupt die Gruppen gegen *SO* und *NW* verwandten Charakter besitzen.

Eigenartig ist am Bau des mächtig und so regelmäßig entwickelten Ringgebirges auch der äußerste Höhengürtel des Hauptwalles dort, wo derselbe in das zahmer geartete Vorland von isolierten Bergen, Hügeln, Kuppen und Adern übergeht. „Übergehen" paßt eigentlich nur auf die Verzweigung der Terrassenlandschaft in Einzelrichtungen am nördlichen, südlichen und südwestlichen Kranze der Höhen. Selbst noch im Westen besteht eine bestimmte Begrenzung des Wallmassivs, die als dritte Hauptterrasse gegen das beulenbesäete Vorland steil abfällt. Ihr gegenüber tritt dieser Charakter auf einem vollen Drittel des Umfangs mit gesteigertem Effekte hervor, besonders von Südosten an über Osten bis Nordosten, auf welcher Strecke der eckige, scharf modellierte Rand der eigentlich nur einzigen, aber von Kammausläufern, herabsteigenden Rücken und Graten belebten Terrasse sehr steil abstürzt. Die harten Züge dieses schroffen Übergangs zu dem lockeren Berggetrümmer im Osten sind besonders auf Secchis Zeichnung recht unzweideutig zum Ausdrucke gekommen. Auf einer Generalkarte des Mondes kann diese Summe von Zügen, deren Eigenart ja wieder in der besonderen Form der Ausgestaltung der Hauptmassen durch sekundäre Gebilde besteht, nicht gut zur Anschauung gebracht werden, es sei denn mit Hilfe jenes großen Maßstabes, dessen sich der Verfasser zum Eintragen der Hunderte von Einzelhöhen bedienen mußte.

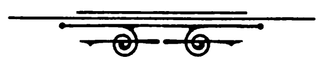
Die Umwallung des Copernicus ist nach außen und innen mannigfach zerklüftet. Bei irdischen Gebirgen ist das eine bekannte und durch die ausnagende Wirkung des fließenden Wassers erklärbare Erscheinung; auf dem Monde aber ist kein so naheliegender Grund für die Bildungen anzugeben, wie sie am inneren Nordabsturze bekannt sind, oder wie sie auf dem äußeren Nordwalle und genau im Osten bestehen. Vom Fuße des oberen Teiles des Hauptwalles ziehen an drei Stellen mächtige Schluchten, deren Länge 10 bis 13 km beträgt, in die Tiefe herab; sie bleiben fast geradlinig und glattrandig: echte, kräftige, tiefe Rillen.

Zwischen den beiden westlichen Gräben liegt ein Objekt von derber Art, das man unter anderen Umständen als Kraterrille bezeichnen könnte. Es ist eine Folge von zehn Kratern und ähnlichen Erweiterungen eines rillenartigen Bruches, deren mittelsten Kessel auch Schmidt gesehen hat. Im übrigen kannte Schmidt nur die mittlere der drei genannten Rillen, die er am 27. März 1855 zum ersten Male am 9-Zöller zu Rom sah. Sehr merkwürdig ist dagegen der Umstand, daß er den recht deutlichen Krater auf dem westlichen Innenwall am Fuße des Berges *A* erst im August 1866 zu Gesicht bekam, denn dieser Krater ist in der Tat für einen Mondbeobachter, der damals schon 24 Jahre lang Erfahrungen gesammelt hatte, ein sehr leichtes Objekt. Die äußeren nordwärts ziehenden Täler zeichnen sich durch große Länge aus, die in einer Reihe von Fällen nicht weiter gestört wird und so dem etwa radialen Längstale die Merkmale einer flacheren Rille geben. Man hat bald die Wahl, eine solche Furche „Rillental" zu nennen, wenn man nämlich eine sonst gewohnte Deutlichkeit der parallelen Ufer oder Hänge vermißt; bald kann man sich von einem Bruch mit scharfen Rändern unmittelbar überzeugen und wird dann den zutreffenden Ausdruck „Talrille" wählen. Schmidt, der die „Radialfurchen" am Berliner Refraktor am 17. Mai 1853 geprüft hat, erklärt: „Sie haben zum Teil den Charakter der Rillen, ohne ihnen ganz zu gleichen." Im allgemeinen ist die nächste Nachbarschaft des Copernicus arm an den sonst so verschwenderisch ausgestreuten Gruben und Kraterhöhlen, und das Innere des Kessels weist ebenso wie die Wallflächen, nur wenige runde Tiefen auf.

Faßt man alle Eindrücke zusammen, welche als aus der Topographie des Ringgebirges fließend oben berührt wurden, so kommt man zu dem Schlusse, daß dieses Gebilde lunarer Kräfteäußerung nichts zu tun hat mit allem, was man auf der Erde als vulkanische Wirkungen kennen gelernt hat, sei es nun auf dem Wege langsamen Aufbaues gebildet oder mit explosiver Gewalt in kurzer Frist in die Erscheinung getreten. Indem die ziemlich radialen Außenmerkmale auf die Anspannung von Riesenkräften hindeuten, welche ein Areal von etwa 70000 qkm (so groß wie das rechts-rheinische Bayern!) in Mitleidenschaft zogen, spricht die Umwallung mit ihrer Depression unter das Niveau des Mondbodens und ihrem im ganzen genommen sehr flachen Relief gegen die Voraussetzung gewaltsamer Aktionen. Der Riesenwall kann kein „Auswurfs-" oder „Aufschüttungsprodukt" sein; er kann aber noch viel weniger als Rand einer blasenähnlichen Aufblähung lunaren Materials gelten. Es ist auch eine ganz müßige Arbeit, heute, wo wir kaum an der Schwelle intimer lunarer Kenntnisse stehen, um jeden Preis eine „Erklärung" des erhabenen Resultates geheimnisvoller Kräfte geben zu

wollen. Die bisher geäußerten Meinungen sinken bei genauerer Erwägung der Konstruktion des gewaltigen Gebirgsringes auf einen sehr geringen Wert zurück und erweisen sich als zu gleichen Teilen naiv und sachlich unbegründet. Fast muß man annehmen, nicht die topographische Plastik, sondern das noch geheimnisvollere Geäder im Umkreise des Kraters, jene Unmenge von Lichtstreifen, Bändern, Bogen und Flecken, welche ihn mit einer zuckenden und wogenden Strahlenkorona auszeichnen, dieser rein äußerliche und an der Oberfläche haftende Schmuck sei der eigentliche Schlüssel zum Rätsel des Copernicus. Dann ist die Aufgabe wohl nur noch schwerer gemacht; denn in der Umgebung anderer Rundgebirge, z. B. des Aristarch oder Kepler oder gar des Tycho erstrecken sich die geradlinigen Lichtbüschel ziemlich radial in die Ferne. In unserem Falle aber scheint die einstige, nach ähnlichem Plane gebildete Regelmäßigkeit durch das Hinzutreten besonderer Umstände aus ihrer Ruhe aufgestört und an der Fixierung des primären Aufbaues gehindert worden zu sein. So stellt denn das Copernicus-Problem zunächst zwei Aufgaben. Die eine sucht der Verfasser in der nächsten Folgezeit durch Beendigung der topographischen Aufnahme zu lösen; das Resultat wird eine Karte im Maßstabe 1:500000 sein, nachdem er dazu kam, etwas kräftigere optische Hilfsmittel nutzbar zu machen. Die andere Aufgabe schließt sich an diese an und besteht in der Untersuchung der hellen Lichtstreifen, aber auch der isolierten dunkeln Flecken in der Nachbarschaft. Sie wird vielleicht nach Erledigung der ersteren einfacher sein als diese, aber mindestens den gleichen Nutzen bringen. Ungemein ausgedehnt aber wird sie gleichfalls werden, denn es handelt sich um einen Radius von beiläufig 500 km und um ein Areal von rund 800000 qkm ($1\frac{1}{2}$ mal so groß als das Deutsche Reich!), über welches die am weitesten gehenden Ausläufer der Lichtstreifen sich ausdehnen. Erhoffen wir von einer nahen Zukunft Resultate, welche eine in Mitteln, Vorarbeiten und Erfahrungen ärmere Vergangenheit nicht hat geben können!

(Schluß folgt.)





Ein zweiter Asteroid unweit der Jupiterbahn.

Im vorigen Jahrgang dieser Zeitschrift haben wir auf Seite 517 ff. darüber berichtet, daß in dem Asteroiden *TG* ein neues Glied in der Schar der kleinen Planeten aufgefunden ward, das, weit außerhalb der Bahnen seiner Geschwister, in unmittelbarer Nähe der Jupiterbahn kreist. Seine mittlere tägliche Bewegung war 295″,1, während Jupiter 299″,1 am Tage zurücklegt. Der Asteroid hatte also entsprechend seiner langsameren Bewegung eine noch größere mittlere Entfernung von der Sonne als Jupiter.

Die damals schon ausgesprochene Vermutung, dieser jupiternahe Planet möchte vielleicht nicht der einzige sein, hat sich schon binnen Jahresfrist als berechtigt erwiesen. 1906, Februar 22., ward *TG* in Heidelberg entdeckt; am 10. Februar dieses Jahres fand Kopff ebendort einen Planeten mit der provisorischen Bezeichnung *XM*. Eine erste Bahnbestimmung durch Strömgren in Kiel, welche sich noch auf Wiener Beobachtungen bis zum 19. April stützte, ergab für diesen Asteroiden eine mittlere tägliche Bewegung von nur 292″,58, also eine noch um 2″,5 kleinere als bei *TG*. Der Sonnenabstand ist danach 5,278 astronomische Einheiten, 0,075 mehr als bei Jupiter, die Umlaufszeit 4429,5 Tage, also 38 Tage mehr als bei *TG* und 97 Tage mehr als bei Jupiter. Während aber *TG* eine ungewöhnlich exzentrische Ellipse beschreibt, ist die Bahn von *XM* noch kreisähnlicher als diejenige des Jupiter; ihre Exzentrizität beträgt nur 0,037 (bei Jupiter 0,048). Auch hier kommen Durchkreuzungsstellen mit der Jupiterbahn nur in der Projektion auf die Ekliptik vor, denn die Abstände Jupiters von der Sonne schwanken zwar zwischen 5,454 und 4,952, die von *XM* zwischen 5,475 und 5,081, aber die Bahnebene von *XM* bildet mit der Ekliptik einen Winkel von 18° 7′, die Jupiterbahnebene nur einen solchen von 1° 19′. Es wäre jetzt aber ganz müßig, den nach den Bahnlagen möglichen kleinsten Abstand der Bahnen und damit der Planeten selbst zu berechnen, weil dazu die Bahn von *XM* noch nicht genau genug bekannt ist. Auch wird das Eintreffen

einer Annäherung zwischen Jupiter und *XM* noch lange auf sich warten lassen.

Wir haben bei der Besprechung der Entdeckung von *TG* ausgeführt, daß gerade die fast gleich schnelle Bewegung des Planeten und des Planetoiden um die Sonne bewirkt, daß ihre Konjunktionen zeitlich weit auseinander liegen. Sehen wir von allen Störungen ab, so würden die Begegnungen von *TG* und Jupiter einander alle 888 Jahre folgen; bei *XM* würden gemäß der langsameren Bewegung des Asteroiden, die Jupiter ein schnelleres Einholen ermöglicht, „nur" 542 Jahre von einer Zusammenkunft bis zur nächsten verfließen, vorausgesetzt, daß *XM* nachher noch die gleiche Bahn beschriebe. Da *XM* gegenwärtig um 41° in Länge, also $^1/_9$ des Kreisumfanges, dem Jupiter voraus ist, so werden rund 60 Jahre bis zu dieser ersten bemerkenswerten Konjunktion wenn sie überhaupt eintritt, verfließen. Es könnte nämlich, worauf auf S. 520 des vorigen Jahrgangs hingewiesen ist, auch hier jener im Dreikörperproblem denkbare Librationsfall vorliegen, daß zwischen den beiden Planeten stets ein mittlerer Längenunterschied von 60° besteht, um den der kleinere relativ zum größeren hin- und herpendelt, ohne daß je eine heliozentrische Konjunktion eintritt.

Weite Ausblicke über die Anordnung des Planetensystems schließen sich aber an die Entdeckung von *TG* und *XM* an. Werden diese beiden Jupiter begleitenden Planeten die einzigen ihrer Art bleiben?*) Gibt es einen von dem Asteroidenring räumlich getrennten Ring jupiternaher kleiner Planeten? Ist dieser nach außen begrenzt, so daß die Jupiterentfernung nicht sehr überschritten wird, oder dehnt er sich bis an, ja bis über die Saturnbahn aus? Solche Körperchen müssen sehr lichtschwach erscheinen wegen ihres großen Abstandes von der Sonne und Erde. Aber lichtstarke Reflektoren, die jetzt in die Entdeckungsarbeiten eingetreten sind, werden sie doch wohl auf unsere photographischen Platten bringen, und ehe ein Jahrzehnt herum ist, dürfte vielleicht der Aufbau des Sonnensystems ein ganz anderes Aussehen bekommen haben.

R.

*) Kurz vor Abschluß des Heftes melden die Astr. Nachrichten in No. 4181, daß V. Heinrich bei der Berechnung der Bahn des Planeten VY gefunden hat, daß dies ein dritter Körper der Jupitergruppe ist. Seine tägliche Bewegung beträgt 300",14, nur 1' mehr als der Jupiter. Die Abstände der drei Planeten TG, VY, XM in Länge von Jupiter betragen + 72°, — 54°, + 41°, während die Theorie für den Librationsfall + 60° oder — 60° verlangt. Die Abweichungen sind also nicht groß.



Das Telharmonium oder Dynamophon.

Wie ein Märchen muten die Berichte über die Ausführung eines neuen Unternehmens an, das in Amerika, dem Lande der unbegrenzten Möglichkeiten, verwirklicht worden ist. Es ist dies das Telharmonium oder, wie sein Erfinder, Dr. Thaddeus Cahill, es nunmehr getauft hat, das Dynamophon. Das Dynamophon ist ein Musikinstrument, aber ein solches, das sich von allen anderen durchaus unterscheidet. Es werden keine Saiten, keine Pfeifen oder dergleichen zum Tönen gebracht, und trotzdem gelangen Geigentöne, Flötentöne usw. zu Gehör. Eine weitere Eigentümlichkeit dieses neuen Instrumentes besteht darin, daß es an einem bestimmten Orte gespielt wird und an hundert, an tausend und noch mehr Orten, die meilenweit entfernt liegen können, gleichzeitig gehört werden kann. Das Geheimnis des Telharmoniums ist, daß die Erzeugung der Musik auf rein elektrischem Wege erfolgt. Bis zu der „Empfangsstelle", d. h. bis zu dem Orte, an welchem sich der Zuhörer befindet, haben wir es nicht mit musikalischen Tönen im gewöhnlichen Sinne zu tun, sondern nur mit elektrischen Wechselströmen, welche durch die Anschlußleitung dem Telephon der Empfangsstelle zugeführt und erst in diesem in akustische Schwingungen umgesetzt werden. Die Wechselströme werden in einer großen Zentrale erzeugt. Über die in New York errichtete und Ende vorigen Jahres dem Betriebe übergebene Zentrale gibt eine Reihe von Artikeln im 47. und 48. Bande der Zeitschrift „The Electrical World" Aufschluß. Die Zentrale enthält eine große Anzahl Wechselstrommaschinen, deren Periodenzahlen den Schwingungszahlen von fünf Oktaven der musikalischen Tonleiter entsprechen. Durch eine Reihe besonderer Transformatoren oder „Tonmischer" ist die Möglichkeit gegeben, die von den Maschinen gelieferten, rein sinusförmigen Ströme in solche von komplizierterer, also obertonreicherer Kurvenform umzuwandeln. Der Spieler handhabt eine Klaviatur, und jede Taste dieser Klaviatur schließt einen Stromkreis. Der Spieler hat es nun ganz in seiner Gewalt, einfache oder obertonreichere Ströme beliebiger Periodenzahl, also beliebiger Klangfarbe und Tonhöhe, in die angeschlossene Leitung zu senden. Er hat ferner die Möglichkeit, jeden einzelnen Oberton nach Wunsch zu verstärken und zu schwächen. Dieser musikalische Strom durchläuft nun die Leitung und versetzt an der Empfangsstelle, oder gleichzeitig an einer ganzen Reihe räumlich getrennter Empfangsstellen die Membran des Telephons in entsprechende Schwingungen, die nun ihrerseits akustische Schwingungen sind. Ein vor die Membran gesetzter Schalltrichter verstärkt die entstehenden Schallwellen in der Luft. Ein Empfangstelephon befindet sich in der

Nähe des Spielers und setzt diesen in den Stand, sein Spiel, beispielsweise auf richtige Mischung der Teiltöne hin, zu kontrollieren.

Was nun die praktische Bedeutung anlangt, so hat Herr Dr. Cahill zunächst die „Lieferung" von Musik an Hotels und Restaurants in Aussicht genommen, wo dann durch eine geschickte Verkleidung des Empfangstrichters der Reiz noch erhöht werden kann. Weiter käme dann die Abgabe an Privatleute in Frage, doch müßten diese Abnehmer zunächst unbedingt den wohlhabenderen Bevölkerungsschichten angehören. In Aussicht genommen ist für später die Errichtung kleinerer Anlagen in Privathäusern, in denen dann der Dilettant statt des Klaviers das Dynamophon spielen würde. Wenn auch die Kosten solcher Privatanlagen einstweilen noch verhältnismäßig ungeheuer sein würden, so glaubt der Erfinder doch, daß es in absehbarer Zeit gelingen dürfte, sie soweit herabzusetzen, daß sie denen eines erstklassigen Klaviers etwa gleichkommen würden. Zugunsten des Dynamophons würde dann in Betracht zu ziehen sein, daß das Spiel gleichzeitig in verschiedenen Räumen des Hauses und der Nachbarschaft oder gar im Garten wahrgenommen werden könnte, ein Umstand, der allerdings vielleicht manchem nicht gerade als Vorzug erscheinen dürfte. Ihm sei aber zum Troste gesagt, daß sich durch Abstellen des Telephons diese Musik zum Schweigen bringen läßt, was wiederum bei einem im Nebenzimmer stehenden Klavier nicht angängig ist.

Vom musikalischen Gesichtspunkte aus ist die Reinheit und Unveränderlichkeit der Stimmung des Instrumentes beachtenswert. Ungeahnte Perspektiven öffnen sich für den Komponisten, denn durch die schier unbegrenzte Mannigfaltigkeit der mit dem Dynamophon erreichbaren Klangfarben wird es in Zukunft möglich sein, Klangeffekte zu erzielen, wie sie bei Benutzung der gewöhnlichen musikalischen Instrumente nicht erhalten werden konnten.

In jüngster Zeit hat Herr Cahill versucht, das empfangende Telephon durch eine singende Bogenlampe zu ersetzen, und diese Versuche sind vom besten Erfolge gekrönt gewesen.

Durch die Erfindung des Telharmoniums erscheint einer der hübschesten Gedanken in Bellamys berühmter Utopie, „Looking backward" verwirklicht. — Über die Verwendbarkeit des Dynamophons äußerte sich Mark Twain etwa mit folgenden Worten: „Was steht dem im Wege, daß am Hochzeitsabend einer Prinzessin sämtliche Bogenlampen in den Straßen der ganzen Stadt den Brautchor aus „Lohengrin" spielen, oder daß sie, wenn ein großer Mann, beispielsweise ich, gestorben ist, alle einen Trauermarsch spielen?" Mi.



Über den Einfluss der Temperatur auf Metallspektren.

Auf der Versammlung der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft zu Chicago, am 1. Dezember vorigen Jahres, berichtete Herr H. G. Gale über eine Reihe interessanter Untersuchungen, die er in Gemeinschaft mit den Herren Hale und Adams im Laboratorium des Sonnenobservatoriums auf dem Mount Wilson ausgeführt hat. Die Untersuchungen bezweckten, eine Erklärung für die Veränderungen zu finden, welche gewisse Spektrallinien der Metalle *Ti, Va, Cr, Mn* und *Fe* in den Spektren der Sonnenflecken erleiden. Die folgenden Angaben sind einem kurzen Bericht über den genannten Vortrag entnommen, den Herr Gale im Januarheft der Physical Review (**24**, 118—119, 1907) veröffentlicht hat. Die Untersuchungen wurden zunächst in der Weise ausgeführt, daß von je einem der genannten Elemente zwei Spektren auf einer und derselben photographischen Platte aufgenommen und so der direkten Vergleichung zugänglich gemacht wurden, und zwar wurde in beiden Fällen ein Bogenspektrum aufgenommen, mit der Maßgabe jedoch, daß die Stromstärke in einem Falle zwei Ampere, im anderen 25 bis 30 Ampere betrug. Die Vergleichung der beiden Spektren ergab nun, daß gewisse Linien im Spektrum des stärkeren Bogens intensiver, andere wiederum schwächer waren als im Spektrum des mit zwei Ampere betriebenen Bogens. Eine eingehendere Betrachtung zeigte nun weiter, daß praktisch in allen Fällen die Linien, welche im Spektrum des schwächeren Bogens verstärkt auftreten, genau die gleichen sind, welche auch im Spektrum der Sonnenflecken verstärkt erscheinen, und daß andererseits solche Linien, die im Spektrum der Sonnenflecken schwächer auftreten, auch in dem schwächeren Bogen geringere Intensität besitzen. Als nun weiter zum Vergleich auch noch die Funkenspektren derselben Elemente herangezogen wurden, zeigte es sich, daß die Linien, die im Spektrum des zwei Amperebogens schwächer sind als in dem des 30 Amperebogens, im Funkenspektrum verwaschener erscheinen als im Bogenspektrum.

Es wurden im ganzen 220 Sonnenfleckenlinien untersucht. Von diesen erschienen 204 im Spektrum des schwachen Bogens entschieden verstärkt, während die übrigen 16 teils keine, teils nur eine sehr geringe und nicht mit Sicherheit festzustellende Veränderung erfuhren. Von 32 Sonnenfleckenlinien weisen 29 im Funkenspektrum eine deutliche Verwaschung auf, die drei anderen zeigen keine Veränderung. Im Spektrum des Bogens von zwei Ampere sind 24 von diesen 32 Linien deutlich geschwächt, sieben weitere überhaupt nicht sichtbar, und die letzte blieb unbeeinflußt. Die Untersuchungen wurden dann auch auf das ultraviolette Spektralgebiet ausgedehnt, und hier zeigten von 109 Linien, die

im Funkenspektrum verwaschen sind, 84 im Zweiamperebogen eine Schwächung, während 20 überhaupt nicht nachweisbar waren und an den übrigen fünf ein Unterschied nicht wahrgenommen wurde. Von 152 Linien des Sonnenspektrums, die im Spektrum der Sonnenflecken keine Veränderung aufweisen, erschien keine einzige im Spektrum des schwachen Bogens verstärkt; 133 wiesen eine Schwächung auf, während über die anderen 19 sich nichts Bestimmtes aussagen ließ; möglicherweise waren auch sie ein wenig geschwächt.

Nur in zwei Fällen wurde ein Ergebnis entgegengesetzten Sinnes gefunden, nämlich bei den beiden Eisenlinien $\lambda = 5429{,}91$ *Å. E.* und $\lambda = 5447{,}13$ *Å. E.* Diese beiden Linien erscheinen im Funkenspektrum verwaschen, hingegen sowohl im Spektrum des schwachen Bogens als auch in dem der Sonnenflecken verstärkt.

Sucht man nun nach einer Erklärung für die Verschiedenheit der mit Lichtbogen von verschiedener Stromstärke erhaltenen Spektren, so liegt die Deutung nahe, daß der Bogen mit zwei Ampere kälter ist als der mit 25 oder 30 Ampere. Um festzustellen, ob Temperaturunterschiede die Spektren in dem beobachteten Sinne beeinflussen, photographierten die Herren einmal das Spektrum des äußeren Saumes eines Flammenbogens von 30 Ampere, dann zum Vergleich das Spektrum des inneren Flammenkernes mitten zwischen den beiden Polen. Das Ergebnis stand in durchaus befriedigender Übereinstimmung mit der aufgestellten Erklärung, ja diese Übereinstimmung war bei vielen Linien nicht nur eine qualitative, sondern sogar eine quantitative. Um nun aber alle möglicherweise auftretenden Ursachen elektrischer Natur auszuschließen und nur allein den Einfluß der Temperatur beobachten zu können, verdampften die genannten Herren nach einander *Fe*, *Mn* und *Cr* in einem elektrischen Ofen und photographierten die Spektren der entstehenden Dämpfe. Da ergab sich denn, daß sämtliche erhaltenen Spektrallinien genau in demselben Sinne, ja praktisch sogar in demselben Maße, beeinflußt waren wie im Spektrum des Zweiamperebogens.

Nach diesen Ergebnissen dürfte der Schluß gerechtfertigt erscheinen, daß das Funkenspektrum einer höheren Temperatur entspricht als das Bogenspektrum, und daß die Verschiedenheiten zwischen den Spektren des starken Bogens einerseits, des schwachen Bogens, der Flamme und des Dampfes andererseits aus der niedrigeren Temperatur der letztgenannten Strahlungsquellen zu erklären sind, sowie endlich, daß auch die Unterschiede zwischen dem Spektrum der Sonne und dem der Sonnenflecken auf dieselbe Ursache zurückzuführen sind.

Im Zusammenhang hiermit verdienen die folgenden Beobachtungen Beachtung: Herr Adams hat kürzlich eine auffällige Übereinstimmung

zwischen dem Spektrum des Arcturus und dem der Sonnenflecken festgestellt. Er hat weiter in Gemeinschaft mit Herrn Gale die Beobachtung gemacht, daß das Spektrum von α-Orionis noch stärkere Abweichungen vom Sonnenspektrum im gleichen Sinne zeigt. Es erscheint demnach höchst wahrscheinlich, daß die Temperatur der Sonne höher als die des Arcturus, und diese wieder höher als die von α-Orionis ist.

Mi.



Die Spannungsreihe der Alkalimetalle.

Bereits im Jahre 1855 hat Matthießen (vgl. Ann. de Chimie et de Physique (3) **44**, 1855) für die Metalle Ka, Na, Ca und Mg die elektrische Spannungsreihe aufgestellt, und zwar hatte Matthießen gefunden, daß, wenn man irgend zwei dieser Metalle mit Wasser zu einem galvanischen Elemente zusammensetzt, alsdann jedesmal der Strom in der Richtung von dem in obiger Reihe früher genannten Metall zu dem später aufgeführten fließt. In jüngster Zeit hat nun Herr Arciero Bernini am physikalischen Institut der Universität Bologna verschiedene Untersuchungen an ganz reinen Alkalimetallen angestellt, die besonders die Bestimmung der spezifischen Wärmen dieser Metalle zum Zwecke hatten. Gelegentlich seiner Versuche hat nun Herr Bernini auch die vorstehend erwähnten Untersuchungen von Matthießen nachgeprüft, die seiner Zeit an keineswegs chemisch reinen Materialien ausgeführt worden waren. Dabei hat sich denn die vollkommene Gültigkeit der Matthießenschen Spannungsreihe auch für die chemisch reinen Alkalimetalle ergeben. Es ist aber Herrn Bernini weiterhin auch noch gelungen, die Stellung des Lithiums in dieser Spannungsreihe festzustellen. Lithium muß seinen Platz am äußersten oberen Ende der Reihe finden, d. h. es ist das am stärksten elektropositive unter den Alkalimetallen. Dieses interessante Ergebnis hat Herr Bernini leider nur in einer Fußnote zu einer Mitteilung über die spezifische Wärme des Calciums und des Lithiums (Phys. Zeitschr. 8, 150—154, 1907) veröffentlicht, und es dürfte wohl angebracht sein, es aus dieser Verborgenheit hervorzuholen.

Mi.



Einige Zahlen über den Niagarafall.

Die Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika hat einen Gesetzentwurf eingebracht, durch den die Wasserentnahme vom Niagarafall zur Erzeugung von Kraft erheblich eingeschränkt werden soll, um einer

weiteren Beeinträchtigung der landschaftlichen Szenerie Einhalt zu tun. Aus diesem Anlaß ist in den amerikanischen Zeitungen eine heftige Fehde entbrannt. Die einen sehen in dem Gesetzentwurf eine berechtigte Maßregel gegen die Ausbeutung der Natur zugunsten einiger dividendehungriger Unternehmer, während die Gegenpartei der Meinung ist, der Niagarafall sei durch Hotels, Eisenbahnanlagen und dergleichen bereits so entstellt, daß auch durch weitere Wasserentnahme kein großer Schaden mehr entstehen könne; auch erachten sie es für verkehrt, im Interesse des internationalen Touristenverkehrs die gewerbliche und industrielle Entwickelung des Landes zu unterbinden. Angesichts dieses Streites dürften einige Zahlenangaben über den Wert der Wasserkräfte des berühmten Falles von Interesse sein, welche die Zeitschrift „The Electrical World" (47, 1284, 1906) nach Rechnungen des Ingenieurs H. W. Buck wiedergibt.

Nach Herrn Buck beläuft sich die verfügbare Kraft des Niagara auf etwa 3500000 Pferdekräfte. Da etwa 13 Tons Kohle erforderlich sind, um während der Dauer eines Jahres beständig 1 PS. zu erzeugen, so würden zur Erzeugung einer Energiemenge, welche der des Niagarafalles gleichkäme, jährlich rund 50 Millionen Tons Kohle verbraucht werden. Bei den besten, mit Dampf betriebenen elektrischen Anlagen Amerikas kostet eine Pferdestärke jährlich nicht weniger als 50 Dollars, während bei reichlicher Ausnutzung sich die Jahreskosten für eine aus der Wasserkraft des Niagara gewonnene Pferdestärke auf nur 15 Dollars, also 35 Dollars niedriger stellen würden. Eine volle Ausnutzung der Wasserkräfte des Falles würde also eine jährlich bare Ersparnis von 35×3500000 oder 122500000 Dollars bedeuten, und außerdem noch einen Minderverbrauch an Kohle von 50000000 Tons in jedem Jahre in sich schließen. In Anbetracht dieser Zahlen wirft Herr Buck, wohl nicht ganz zu Unrecht, die Frage auf, ob der Vorteil, den die ungeschmälerte Erhaltung des berühmten Naturschauspiels bietet, wirklich so groß sei, um eine derartige Beeinträchtigung des nationalen Wohlstandes zu rechtfertigen. Zum mindesten sollte man ernstlich erwägen, ob es nicht möglich sein dürfte, ohne wesentliche Beeinträchtigung der Schönheit des Falles seine Wasserkräfte vorteilhaft auszunutzen. Mi.





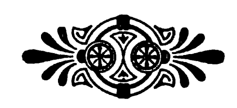
C. Claus, Lehrbuch der Zoologie. Professor der Zoologie an der Universität Wien. Siebente Auflage. Verlag der N. G. Elwert'schen Verlagsbuchhandlung, Marburg i. H. 1906.

Seit seinem ersten Erscheinen nahm das C. Claus'sche Lehrbuch der Zoologie eine führende Stellung in der zoologischen Unterrichtsliteratur ein. Um so tiefer empfand man die Lücke, als nach dem Tode des hochverdienten Verfassers eine Neuauflage so lange auf sich warten ließ. Bei dem raschen Fortschritte zoologischer Forschungsarbeit droht auch dem besten Hand- oder Lehrbuche schon in kurzer Frist, wenigstens in manchen Teilen, Veraltung. Mit Freuden konnte man es daher begrüßen, daß sich K. Grobben, der wie kein zweiter für diese Aufgabe geeignet schien — hatte er doch bereits in Gemeinschaft mit Claus auch an den früheren Auflagen mitgearbeitet — der schwierigen, aber dankenswerten Aufgabe einer Neubearbeitung dieses Standard-Werkes unterzog, und man durfte dem Erscheinen der neuen Auflage mit Spannung entgegensehen.

Das altbewährte Lehrbuch erscheint in der vorliegenden Ausgabe in recht veränderter Gestalt. Alle Teile sind einer grundlegenden Durcharbeitung unterzogen, namentlich in dem allgemeinen Teil ist vielfach die Anordnung des Stoffes eine ganz neue geworden. Vor allen Dingen fällt hier auch eine starke Bereicherung und vielfache Verbesserung des illustrativen Materials auf. Weitgehende Umgestaltung und Erweiterung haben namentlich die Abschnitte über Bau und Funktion der Organe, vorzüglich der Genital- und Sinnesorgane erfahren. Andere Kapitel dagegen, wie z. B. der Abschnitt „Tier und Pflanze" erscheinen erheblich und nicht zum Schaden gekürzt. Überall findet man die neueste Literatur in weitgehender Weise berücksichtigt, überall erweist sich der „neue Claus" als der gleiche, zuverlässige Führer, als welcher er sich seinen Namen gemacht hat. Gewonnen hat die Übersichtlichkeit des Textes noch durch reichliche und geschickte Verwendung verschiedener Schriftarten. Auch der spezielle Teil läßt in allen Abschnitten eine sorgfältige Durcharbeitung erkennen und hat in der Anordnung und Ausführung vielfache Änderung erfahren. Welchen Abschnitt man auch prüft, jeder zeigt dieselbe sorgfältige Behandlung und liebevolle Vertiefung sowie eine kritische Verwertung selbst der neuesten Forschungsergebnisse. Namentlich die Protozoën sind von diesen Umänderungen weitgehend betroffen worden — hat doch die Forschung gerade auf diesem wichtigen Gebiet in dem letzten Jahrzehnt gewaltige Fortschritte zu verzeichnen. Erwähnt mag ferner noch werden, daß die Orthonectiden und Dicyemiden von den Würmern abgegliedert und als Planuloideen den Nesseltieren zugestellt wurden. Ebenfalls sind die Pfeilwürmer von den Nemathelminten getrennt und als selb-

ständige Abteilung zwischen die Enteropneusten und Tunicaten gestellt. Ferner wurden die Leptocardier-Röhrenherzen und die Rundmäuler-Cyclostomen von der Klasse der Fische getrennt und als besondere Klassen vorher abgehandelt. Weiter auf Einzelheiten einzugehen, verbietet der Platz. Es verdient nur noch hervorgehoben zu werden, daß auch in dem systematischen Teile die Abbildungen vielfach durch neue, z. T. Originale, ersetzt sind, und daß auch das Literaturverzeichnis eine starke Bereicherung erfahren hat. Alles in allem: auch in seiner veränderten Gestalt ist der Claus dasselbe vorzügliche, zuverlässige und instruktive Lehrbuch geblieben; es ist zu wünschen, daß er sich zu seinen alten treuen Freunden noch zahlreiche neue erwerben möge.

Dr. Th.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 68.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.



Smyrna: Am Hafen.



Smyrna: Blick auf die Stadt von SO.



Reiseeindrücke aus Smyrna.

Von **Dr. Alexander Rumpelt** in Langebrück.

Es ist ein eigenes Gefühl, wenn wir einen uns bisher fremden Erdteil betreten. Als ich vor Jahren meinen Fuß in Tripolis zum ersten Male auf afrikanischen Boden setzte, sagte ich mir: Das ist dieselbe Erde, die die Pyramiden und die viertausend Jahre alten Tempel Ägyptens trägt, derselbe Kontinent, dessen Dunkel deutsche und englische Forscher durch viele ruhmvolle Reisen aufgehellt haben, und in dem doch so große Strecken noch nie von Europäern betreten worden sind. Und dann kam mir wohl auch der Gedanke an unsere Kolonien: Kamerun, Ostafrika, Südwestafrika, Togo. Ein paar ganz hübsche Lappen des buntfarbigen Tuches haben wir ja gerade noch erwischt. Aber ach, wie wenig Freude hatten wir von je daran, noch bis in die letzte Zeit. . . .

Ganz anders waren meine Empfindungen nach meiner Landung in Smyrna. Am 30. Juli 1906, früh $^1/_2$8 Uhr betrat ich zum erstenmal Asien. Auch hier, am entgegengesetzten Ende, haben wir uns festgesetzt: Kiautschou! für wie lange? Der Gedanke an diesen früher oder später doch verlorenen Posten wird schnell zurückgedrängt durch das gewaltige geschichtliche Interesse: Asien, die Wiege der Kultur, die Wiege aller noch jetzt die Gemüter beherrschenden Religionen. Ex oriente lux! Das Licht beginnt allmählich etwas zu verbleichen. Aber welche Fülle von Erinnerungen wecken die Namen: Indien, China, Persien, Palästina! Sind wir doch durch Schule und Glauben von Kindesbeinen an mit Asien verwachsen!

Offen gestanden hatte ich zu solchem Philosophieren erst Muße, als ich wohlgeborgen, des stärkenden Frühtrunks gewärtig, auf dem Balkon der Pension der Mme. H. saß. Vorher hatte mich die Gegenwart allzusehr abgezogen.

Was war das für ein märchenhaftes Bild, als unser großer Dampfer zwischen einem Dutzend ähnlicher Riesen aller Nationen am Kai festmachte und plötzlich um die äußere Hafenmauer herum etwa vierzig schlanke Gondeln wie zu einem Seegefecht auf uns zuflogen! Mit Teppichen belegt, mit wehenden Fähnchen am Heck bewimpelt, wurden sie von Türken, Griechen und Mohren in ihren bunten Gewändern herangerudert. Ehe man sich's versah, schwangen sich und kletterten die Barkenführer, Gepäckträger, Hoteldiener, ich weiß heut noch nicht wie, überall am Schiff herauf, lange bevor die Fallbrücke herabgelassen war, und füllten lebhaft gestikulierend, in allen Sprachen schreiend, sich schiebend und wegstoßend das Oberdeck. Wir vertrauten uns einem deutsch sprechenden Portier an und überwanden mit seiner Hilfe die Schwierigkeit, uns und unsere verschiedenen Kolli zu verladen, ebenso wie die Unannehmlichkeiten der Gepäck- und Paßrevision. Als ich mich als „journaliste" vorstellte, genügte das dem Wächter des Gesetzes nicht. Für welche Zeitung ich schreibe? „Pour ‚Ciel et terre' et pour la ‚Vossische à Berlin'." Mit unglaublicher Schnelligkeit die kleinen Köpfchen und Häkchen der türkischen Schrift aneinanderreihend, vermerkte er diese wichtige Tatsache in seinem schwarzen Buch, dann erst konnte dem herkulischen Hamal (Lastenträger) unser Hügel Gepäck rechts und links, vorn und hinten aufgeladen werden. Im Trab folgten wir ihm.

Wie es sich für den Besucher altklassischer Stätten geziemt, las ich angesichts des schönen Golfs erst das Geschichtliche nach. Von Äoliern gegründet, wird der Ort bereits 800 v. Chr. von dem Elegiendichter Kallinos in einem Gebet an Zeus erwähnt: „Schenke dem Volk Smyrnas Barmherzigkeit!" Eine der sieben Städte, wo Homer geboren worden sein soll. Die Ionier entreißen Smyrna den Äoliern (Herodot I, 150), Alyattes von Lydien zerstört es im sechsten Jahrhundert. Aber das war ja das alte Smyrna, das drüben überm Wasser auf einem Vorberge des Sipylos ragte. Da, wo heute Smyrna steht, baute 400 Jahre später König Antigonus die ersten Häuser. Alsbald hohe Blüte. „Jetzt ist sie die schönste von allen Städten in Ionien", sagt Strabo, der zu Christi Zeit schrieb. Zweimal kommt Smyrna in der Offenbarung St. Johannis (L. 11. II. 8.) vor als eine der sieben Gemeinden, an die der Apostel den Bericht seiner Verzückungen auf Geheiß des heiligen Geistes schicken soll. Ist es nicht etwas Großes, daß von den in der Offenbarung genannten Städten keine einzige mehr steht — Sardes, Ephesus, Pergamon sind heute bloß noch Trümmerhaufen — nur Smyrna! Und wie sie vor 2000 Jahren die schönste Stadt Ioniens war, so ist sie heute noch die bedeutendste Stadt ganz Kleinasiens. Seit dem 11. Jahrhundert durch die Seldschukken bedroht, von Seeräubern (1083), den Mongolen (1402),

den Türken 1424 erobert, hat sie das traurige Schicksal der Entvölkerung und Verödung so vieler mächtiger Kulturzentren auf diesem Boden nicht geteilt. Sie prangt, eine Oase in der Wüste türkischer Mißwirtschaft, allerdings nicht infolge, sondern trotz des gegenwärtigen Regiments, und hat noch eine Zukunft, zumal wenn der Anschluß an die Bagdadbahn einst erreicht sein wird. Werden die Türken, die die Stadt Giaur-Ismir, das „ungläubige Smyrna", nennen, 1924 das fünfhundertjährige Jubiläum ihres Besitzes feiern?

Mein erster Ausflug galt der „Karawanenbrücke". Er führte mich zunächst durch die Hauptverkehrsader der Stadt, die enge Frankenstraße, wo sich elegante Schaufenster aneinander reihen und Warenhäuser mit allen europäischen Kulturerzeugnissen vergessen lassen, daß man in Asien ist. Bei der Photinikathedrale bog ich links ab, erfreute mich in dem weiten Domhof an dem in seinen vier romanischen Geschossen überall luftig durchbrochenen Glockenturm, blieb sinnend eine Weile vor dem schönen Sarkophag des 1825 hier in der Verbannung gestorbenen polnischen Grafen Pac stehen und stürzte mich dann, mit dem Kompaß in der Hand, in den Wirrwarr des armenischen Gassenviertels. In der Nähe des Bahnhofs Basma Chanê erschien plötzlich an einer Straßenecke der erste Zug Kamele! Ich erschrak fast, als ich auf einmal den langen Kopf eines der riesigen Tiere über mir erblickte. Es ist eine besonders große und wilde Rasse hier. Die bissigen tragen gitterartige Maulkörbe. Den Zug eröffnet als wichtigstes Glied immer ein Esel; er trägt nicht nur den Führer, sondern muß auch das erste Kamel ziehen. Dieses zieht das zweite, das zweite das dritte usw.

Ich bemerkte bis zu acht, durch lange Halfter zusammengekoppelte Tiere. Das letzte trägt oben am Sattelbug und oft noch am Hals ein Klingelwerk, bestehend aus zwei bis drei Glockenmänteln, die in verschiedenen Tönen gegeneinander schlagen, das einzige Geläut, das man hier hört; denn die Christenglocken dürfen nicht läuten, um sich in der offiziell noch mohammedanischen Stadt neben den Moscheen nicht unliebsam bemerkbar zu machen. Von ihren 200 000 Einwohnern sind nur noch ein Viertel Türken, die größere Hälfte (107 000) allein Griechen.

Das letzte Kamel ist gewöhnlich das schönste und stärkste und seiner Bedeutung entsprechend durch besonderen Schmuck — große blaue Glasperlen am Saumzeug — ausgezeichnet. Die blauen Perlen sollen zugleich den bösen Blick unwirksam machen. Solange seine Glocken klingen, weiß der Führer vorn auf dem Eselchen, daß alles in Ordnung ist, daß z. B. nicht ein schlimmer Mensch hinten eine Halfter durchschnitten und mit einem oder mehreren Kamelen das Weite gesucht hat. Ein echt orientalisches Tier mit seiner Würde, seiner Gelassenheit, mit dem

in der Haltung des Kopfes, im Ausdruck der Augen erkennbaren Fatalismus, womit es sich geduldig die schweren Lasten aufbürden läßt, Hunger und Durst erträgt und unablässig, nicht gern, nur pflichtschuldig in meterlangen Schritten die suppentellerbreiten Sohlen auf den Boden drückt. Ganz selten nur verläßt die philosophischen Tiere ihre Ruhe; sie versetzen z. B. einem der unzähligen, elenden, herrenlosen Köter, die überall herumlungern, wenn dieser ihnen zwischen die Beine kommt, einen verächtlichen Fußtritt. Überhaupt liegt in ihren großen, schwarzen, Augen mit den überhängenden Wimpern und Augenbrauen eine unsagbare Verachtung. Und nicht nur die armen Hunde, die sich um einen weggeworfenen Fleischabfall oder einen Knochen raufen, tun gut, den Kamelen aus dem Wege zu gehen, sondern auch die Menschen. Aber sogleich nach solchen Zornesäußerungen trotten die Kamele wieder mit der alten Gemütsruhe hinter dem tapfer vorantrippelnden Eselchen her und lassen sich behäbig ziehen, als hätten sie sich völlig den türkischen Wahlspruch zu eigen gemacht: Jawasch, jawasch, bakalum (Nur langsam, wir werden ja sehen).

Mehrere Züge sah ich dann in das Tor des Güterbahnhofs einlenken, wo eine Reihe Loren bereit stand, die großen Mehlsäcke der Kamele aufzunehmen — ein merkwürdiger Gegensatz von modernen und uralten Beförderungsmitteln. Wenige Schritte von hier brachten mich zur Karawanenbrücke, die sich zwischen Zypressen und Platanen über das Flüßchen Meles spannt. An den Ufern des Meles soll Homer gedichtet haben. Neben der Brücke ist eine große Karawanserei, wo zuweilen an die hundert Kamele in den verschiedensten Positionen interessante lebende Bilder stellen, während ihre Führer sich im anstoßenden Café bei einer Tasse Mokka gütlich tun, um nach angemessener Ruhezeit die lagernden und wiederkäuenden Tiere anzuschirren und mit ihnen den Heimweg anzutreten. Denn man würde sehr irren, wollte man glauben, daß diese Karawanen wie in den afrikanischen Küstenstädten ihre zehn, zwanzig, dreißig Tagereisen durch die Wüste hinter sich haben. Mit wenigen Ausnahmen kommen sie höchstens sechs Stunden weit her, kehren gewöhnlich denselben Tag zurück und vermitteln in der Hauptsache an Stelle der Wagen die Versorgung der Großstadt mit den ländlichen Erzeugnissen der Provinz.

* * *

Als die ärgste Hitze vorüber war und die kahlen Hänge des Sipylos-Gebirges im Norden schon sanfte rosa und violette Farbentöne annahmen, bestieg ich mit meinem Reisegefährten das kleine Dampfboot, das in etwa zwanzig Minuten allstündlich nach Cordelio fährt, dem freundlichen Villenort am andern Ufer der Bucht. Entzückend ist der Blick während



Smyrna: Kamele in der Karawanserei.



Smyrna: Festungsruinen auf dem Pagos.

der Fahrt auf den wimmelnden Hafen, die sanft ansteigende Stadt mit ihren Minaretten, die großen Zypressenhaine, die die Friedhöfe der Türken bezeichnen, auf die ausgedehnten Mauern und klobigen Türme des Pagos, der Kastellruine, die das Bild oben abschließt. In Cordelio schwelgten wir gerade in dem immer wechselnden Farbenspiel der untergehenden Sonne auf Stadt, Gebirge und Meer, als wir hinter uns auf einmal unverfälscht hamburgisch sprechen hörten. Es war eine Erzieherin, die ihre Pflegebefohlenen am Strande spazieren führte. Wir redeten sie als Landsleute an, und sie warnte uns, ja nicht tief in das Dorf hineinzugehen, wo die Türken wohnten. Auch auf den Pagos sollten wir uns nicht allein wagen. Ausbrüche des Fanatismus seien jetzt öfter als früher bemerkt worden. Sie hatte das Aussehen von Leuten, die zu lange im heißen Klima gelebt haben: hager, gelb, müde. Im übrigen machen sich's die hier ansässigen Europäer so behaglich wie möglich. Wie die Hamburger Nabobs tagsüber in den dunkeln, engen Bureaus der inneren Stadt arbeiten und abends über die Alster nach ihren palastartigen Villen fahren, so treiben es hier die Levantiner, d. h. die von Europäern abstammenden Smyrnaer Kaufleute und auch diejenigen, die vielleicht nur zwanzig, dreißig Jahre hier Geld verdienen, um dann in ihre Heimat zurückzusiedeln. Jeden Morgen kommen sie zu Schiff herüber und schaffen in der übelduftenden Frankenstraße oder am menschenwimmelnden Dampfschiffhafen, werfen mittags irgendwo ein paar Bissen hinter und kehren zur Hauptmahlzeit nach Cordelio in den Kreis ihrer Familien zurück. 2500 Franzosen, 2200 Österreicher, 1500 Engländer wohnen in Smyrna. Die Zahl der Deutschen scheint viel geringer zu sein. Doch das beste Hotel (Hug) und das meist besuchte Bierhaus (Krämer) sind in den Händen von Deutschen.

In den großen Sälen der Restauration Krämer liegen das Berliner Tageblatt, die Neue freie Presse, die Fliegenden Blätter aus, allerdings, da sie hierher den Umweg über Konstantinopel nehmen müssen, immer bereits vier bis fünf Tage alt. Ein Teil des großen Biergartens ist in ein Zelt verwandelt, in dessen kühlem Schatten man, vom Seewind erfrischt, sich an „Wiener Backhähndeln" laben und echtes Pilsener oder Münchener dazu schlürfen kann. In einem Pavillon sitzt ein Männerquartett mit einem kleinen Männerchor, der die Gesänge zugleich auf verschiedenen Instrumenten begleitet. Die griechischen Volkslieder können uns allerdings nicht erwärmen. Die Musik ist fade, und den Text versteht man nicht. Dazu ist es kein schöner Anblick, diese pomadisierten Gecken in tadellosem Salonanzug in ihrem Käfig zu sehen, siegesbewußt auf die Zuhörer blickend. Da sie allabendlich vier bis fünf Stunden absingen, bleiben sie während der Prozedur sitzen, was das Handwerks-

mäßige ihrer Leistungen verstärkt. Daß sie eine Rolle in dem sehr dürftigen Kunstleben der Stadt spielen, bewies mir, daß das größte photographische Atelier die Bilder des heldenschönen ersten Tenors und des noch schöneren zweiten Bassisten in Großfolio ausgestellt hatte zur allfälligen Bewunderung ihrer Verehrer und — Verehrerinnen.

Hier bei Krämer hat man gute Gelegenheit, die abends vorüberflutende feine Welt zu beobachten, elegante Lebemänner, junge und alte, mit denen die Levantinerinnen kokettieren. Üppige Gestalten diese, meist mittelgroß, stolz in ihrer Haltung, ihrer Wirkung sicher. Dazwischen zwölf- bis dreizehnjährige Mädchen, schon völlig reif und mit Anlage zur Riesendame, beinahe alle weiß und sehr schick gekleidet. Paris ist auch für Smyrna maßgebend. Hatten sie sich so vorzüglich geschminkt oder ist das Klima hier vorteilhafter für den Teint? Kurz, ich bemerkte sehr selten jene kränkliche gelbgraue Gesichtsfarbe, die ich — neben dem herrlichen Goldbraun — auf den Inseln oft konstatiert hatte. Die mageren, bleichsüchtigen fehlten beinahe ebenso wie die kolossalen, in ihrem Fett erstickenden. Freilich, wenn Paul Lindau die Smyrnaerinnen in demselben Verdacht hat wie die Rumäninnen, die „um ihrer Putzsucht zu genügen, vor keinem, aber auch gar keinem Opfer zurückschrecken“ (P. Lindau: An der Westküste Kleinasiens. Berlin 1900), so glaube auch ich, daß für Abenteurer weiblichen Geschlechts hier ein günstiger Boden ist.

* * *

Bis zur „Elektrischen“ hat es Smyrna noch nicht gebracht. Die breiten, altmodischen Pferdebahnwagen laufen von der nördlichen Bahnhofsstation (nach Aidin) am ganzen Kai entlang bis in die südliche Villenvorstadt. Die Last der oft mit 40 Personen besetzten Wagen bereitet dem einzigen Gaul große Mühe beim Anziehen. Einen Tierschutzverein gibt es natürlich nicht. Dieselben Gleise benutzt jeden Abend gegen Mitternacht und früh morgens, wenn die Hähne krähen, die Lokomotive mit einem Zuge von fünfzig bis sechzig Wagen hinter sich. Sie bringt ihn nach dem Hafen, wo die Lasten — jetzt im Hochsommer meist Mehl und Wolle — mit dem Kran in den Bauch der Dampfer gesenkt werden. Am Morgen ist die Eisenspur wieder für das Pferd frei.

Wir benutzten diese Gelegenheit in der Frühe des nächsten Tages und fuhren zuerst bis zum Konak. Denn trotz der Warnung der Gouvernante wollten wir den Pagos besteigen. Der Konak, der Palast des Wali (Oberpräsidenten), beherrscht einen großen Platz, den auf der anderen Seite eine Kaserne flankiert. Die Mitte des Platzes, wo öfters die türkische Militärmusik recht gut spielt, ziert ein reizender kleiner Uhrturm, zur Erinnerung an das fünfundzwanzigjährige Regierungs-

jubiläum des jetzigen Sultans im maurischen Stil erbaut, aber nicht dem Herrscher, wie man annehmen sollte, von patriotischen Türken, sondern von ihm selbst der Stadt geschenkt. Vor dem Tor der Kaserne standen ganze Scharen junger Leute im Fez, mit Bündeln und Packen, jedenfalls Reservisten, die eingezogen oder entlassen wurden.

In diesen südlichen Teil sind die Türken durch die Europäer zurückgedrängt. An dem schönen eleganten Kai im Norden haben sie nichts mehr zu suchen. Ähnlich wie die reichen Juden die Herren in Saloniki sind so sind es hier die Levantiner, vor allem die Griechen.

Wir stiegen aus, um zunächst Kaffee zu trinken. Durch den bedienenden Mohren ließ ich mir aus der nahen Bäckerei einen Wecken vorzüglichen Weizenbrots holen.

Trotz der frühen Stunden saßen vor und in dem Café schon einige Nargileh rauchende Moslemin, aber nicht, wie man das in Nordafrika so schön beobachten kann, mit untergeschlagenen Beinen auf Matten, sondern europäisch zivilisiert auf Stühlen. Gjaur-Ismir!

Wieder mit dem Kompaß in der Hand stiegen wir durch das Labyrinth des Türkenviertels empor. Esel, Kamele, Mohren, verschleierte Türkinnen, uralte Zypressen, vergitterte Haremsfenster, Minarette: das war doch noch echter Orient. Durch Belästigungen hatten wir keineswegs zu leiden, im Gegenteil, als wir auf halber Höhe bei einer Straßenteilung nicht recht wußten wohin, erbot sich ein Bursche, uns zunächst zum Jussuf Tekkê zu führen.

Es ist einer der wenigen historischen Punkte der Stadt. Hier lag die Rennbahn (Stadion), wo im Jahre 169 während der Christenverfolgung unter Mark Aurel der Bischof Polykarp verbrannt wurde; hier soll sein Grab sein. Aber diese geweihte Stelle haben die Türken später für ihren Kultus beansprucht. Man zeigte uns das von einer wohl dreihundert Jahre zählenden Zypresse bewachte, für einen Elefanten hinreichende Grabmahl des heiligen Jussuf: ein kunstloser Riesensarkophag mit Steinpyramide am Fußende. Daneben deutet ein grüner Turban, der ein Säulchen krönt, auf den fleißigen Mekkapilger. Die Aussicht ist nicht übel. Freundlich leuchtet Cordelio herüber, die Bucht von Smyrna liegt in ihrer ganzen Breite da. Durch Berge und Landzungen aber, die sich in der Ferne vor- und in sie hineinschieben, macht sie den Eindruck eines großen Sees. Das offene Meer ist nicht zu erkennen.

Kurz vor dem letzten Anstieg kam aus einem Häuschen ein türkischer Soldat, schloß sich uns, ohne ein Wort zu sagen, an, kümmerte sich überhaupt gefälligerweise gar nicht um uns. Wir liefen also nach Herzenslust in den Ruinen herum, in Gängen, Türmen und in der kolossalen Zisterne, die wohl selbst ein kleines Heer monatelang zu tränken

imstande war, und erinnerten uns dabei der wechselvollen Geschicke, die diese gewaltigen Mauern gesehen, seitdem sie auf den Trümmern der griechischen Akropolis von den Byzantinern errichtet wurden. Hier sank bei Ansturm und Abwehr manch Tausend Menschen in den Staub, Genuesen vom ligurischen Golf und Seldschukken aus der Bucharei, Griechen aus Byzanz und Ritter von Rhodos, auch mancher Kreuzfahrer, der sein Schloß am Rhein und an der Donau nicht wiedersah.

Die Stadt nimmt sich von dieser Höhe etwas eintönig aus. Die wenigen Kirchen und Moscheen mit ihren blaugrauen Schieferkuppeln überragen nur wenig die breit hingelagerte Masse der Ziegeldächer. Auch die Minarette zeichnen sich keineswegs durch besondere Höhe oder Schönheit aus. Es ist eben keine fromme Stadt. Geld verdienen und genießen ist die Parole.

Lieblich ist die Aussicht nach dem Binnenland ins Melestal, dessen saftigem Grün die Bogen einer antiken Wasserleitung einen romantischen Ton geben. Den Hintergrund bilden ziemlich hohe, schön geformte Berge, vor allem der Sipylos, jetzt Manissa-Dag (1800 m).

Der Soldat sollte uns den Abstieg auf der Nordseite zeigen. Er verstand nur türkisch, nicht einmal ein Bröckchen unseres miserablen Griechisch. So erfolgte die Verständigung durch Gesten. Aber sie gelang. Als Zeichen des Dankes für die vier Piaster, die wir ihm zum Abschied reichten, berührte er unter leichter Verbeugung Stirn und Brust mit der rechten Hand. Wir dankten auf die gleiche Art — er hatte uns so schön in Ruhe gelassen!

Während auf der Straße vor uns die Kamele, ledig ihrer Lasten, zurücktrabten, saßen wir unter den Platanen einer Kaffeewirtschaft und stärkten uns. Aber auch wir mußten noch einmal in Staub und Sonnenglut hinaus, freilich nur für eine kleine halbe Stunde. Unfern winkte uns bereits der Zypressenwald des türkischen Friedhofes bei der Karawanenbrücke, und hier fanden wir Esel, die uns behende durch das Straßengetümmel zum Hafen zurücktrugen.

Nach dem üblichen Mittagsschlaf — versteht sich, bei nachtdunkelverschlossenen Fensterladen, im denkbar luftigsten Kostüm — bestiegen wir einen Wagen, der uns in zwei Stunden nach den heißen Quellen des Agamemnonbades brachte, sechs Kilometer westlich von der Stadt.

In der Vorstadt werden — ein Zeichen des Aufschwungs — viele neue Villen gebaut. Mir fiel die Art auf, wie die Griechen hier ihre Häuser bauen. Durch die mit gußeisernen Arabesken geschmückte Haustür blickt man in lange Korridore oder wohl gar in den Salon, beide mit Divanen, Vogelbauern, Blumen und Blattpflanzen ausstaffiert.

So umfängt den Levantiner, der den Fuß über seine Schwelle setzt, sogleich das Gefühl der Behaglichkeit und Eleganz. Wenn man unsere engen, oft lichtlosen, durch Schränke und Kleiderständer verbauten Vorsäle dagegen hält! Die halbe oder ganze Öffentlichkeit, der er sein Familienleben durch diese nichts verbergenden Türen aussetzt, stört den Griechen scheinbar ebenso wenig, wie den Italiener sein Hausen auf der Straße.

Draußen hinter den letzten Häusern beginnen die Weingärten, dann Olivenhaine. Freundlich dehnt sich die Küste drüben über dem stahlblauen Meer. An einem malerischen Bauernhäuschen, das, wie eine Mutter ihr Kind, eine uralte Pinie treulich überschattet, fahren wir allzu schnell vorüber. Zypressen begegnen wir, die ebenso stattlich in der Landschaft thronen, wie in Toskana, nur nicht so gut gehalten sind. Vor dem „Kurhaus", wenn man die lange Reihe Zellen zu ebener Erde, die sie bewohnten, so nennen darf, saßen die Kranken, meist Frauen und Mädchen, und maßen uns mit neugierigen Blicken. Wir wanderten alsbald nach der hinter der Anstalt sich öffnenden hübschen Schlucht. Hier blühten, in dieser Jahreszeit unerwartet, eine Menge Blumen und Sträucher; überall am Wegrand streckten uns die bis zu drei Meter langen Ruten des Keuschbaums (Vitex Agnus Castus) ihre schönen blauen und weißen Dolden entgegen. Dieser bei uns unbekannte Strauch ist der Lygos der Alten (noch jetzt im neugriechischen mit arabischem Artikelvorschlag: Alligaries), der schon in der Ilias (XI, 105) vorkommt — Voß übersetzt: Weide. Er spielte nach Neumann-Partsch (physikal. Geographie von Griechenland S. 397) in vielen religiösen Zeremonien der Hellenen eine Rolle. Lygoszweige legten die Athenerinnen während der Thesmophorien in ihr Bett als Talisman für die an diesem Fest vorgeschriebene Enthaltsamkeit. Daher der Name.

Neben diesem kulturgeschichtlich bedeutsamen Gewächs kroch auf dem trockenen Felsboden ein anderes, mehr die Hausfrau und den Feinschmecker interessierendes, die scharfe Düfte rings versendende Kaper mit ihren orientalisch-bizarren lila Blüten. Von den „beiden Brüdern", zwei über dem Agamemnonbad sich erhebenden Bergen von ganz gleicher Form, kommt ein Bach herunter, an dem wir hinaufstiegen. Bei einer Mühle empfing uns ein über und über blühendes Oleanderwäldchen. Hierher lassen die Badegäste zuweilen ihr Essen schleppen und halten dann bei Bachesrauschen im Oleanderschatten ein Picknick.

Welch kühles Seelüftchen umwehte uns bei der abendlichen Rückfahrt, welche Töne ruhten vor und nach Sonnenuntergang auf Meer, Küste und Gebirge! Später schien der Mond durch die alten Oliven. Nur zu bald rollten wir wieder zwischen Häusern dahin.

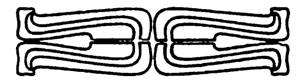
Jetzt fiel mir der Gegensatz zwischen den Häusern der Griechen und Türken noch mehr auf, als ich durch die weitoffenen Türen oder deren Gitterwerk in glänzend helle Salons blickte. Weiter im Innern gemahnen die Häuser der Türken an die Bauart der Römer, die einst ihr Heim völlig von der Außenwelt abschlossen. Keine der Türkenwohnungen ist auch ohne ein kleines Gärtchen, oft an der Stelle und in der Form des römischen Atriums. Die wenigen Fenster nach der Straße zu sind vergittert und verhangen. „My house is my castle" sagt auch der Türke, und er hat recht. Warum, für wen soll er auf das Äußere seines Hauses Wert legen, wenn es nur im Innern für ihn anheimelnd ist! Einen anderen Grund zu solcher Vernachlässigung haben die Juden. Nicht Gleichgültigkeit und Mangel an ästhetischem Sinn, sondern die Furcht ist es, die sie hindert, ihren Reichtum zu zeigen. Von den neuen schönen Villen am Meer gehört kaum eine den Juden, die hier trotz ihrer großen Zahl doch eine ganz andere Rolle spielen als in Saloniki. Sie fürchten sich vor Massenmetzeleien, und die geringe Schwierigkeit, womit vor Jahren in den Straßen von Konstantinopel und Trapezunt 8000 Armenier vom Pöbel totgeschlagen wurden, die Erinnerung an so manche Judenverfolgung alter und neuer, sogar neuester Zeit im Orient läßt viele Israeliten hier ebenso dürftig wie die Türken leben, während einzelne doch in ihren Truhen Gold und Edelsteine und wohl auch den Ausweis über ein stattliches Guthaben bei irgend einer Bank des Auslands verwahren. So erzählte man mir.

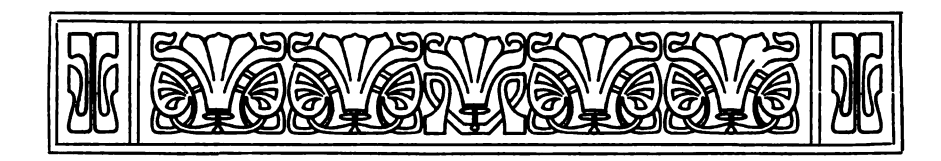
Auf dieser Fahrt war ein Volksschullehrer aus Wien unser Begleiter. Ein bescheidener, sehr unterrichteter junger Mann, der zwei Jahre auf diese Orientreise gespart hatte. Er kam soeben aus Konstantinopel, hatte da nicht alles so fesch und gemütlich gefunden wie in seiner Kaiserstadt, schimpfte daher gewaltig über die Türken. Ich hielt ihm die Verhältnisse in Ungarn und Galizien vor. Für die Ungarn, erklärte er, könne er als Wiener freilich keine Sympathien haben. Auch die Schlachta von Krakau und Lemberg wagte er nicht zu verteidigen. Dann meinte ich, mehr im Scherz, als aus Überzeugung — ich hätte allerdings sein Nationalgefühl besser schonen sollen —: „Wer weiß, ob Österreich-Ungarn die Türkei überleben wird?" Darauf sagte er nichts mehr.

Als ich am nächsten Morgen den Dampfer nach Europa bestieg und bald nachher die Kruppschen Riesenrohre vom Seefort Sandschak Kalesi herüberdrohen sah, dachte ich darüber nach: Wem wird einst bei der großen Teilung Smyrna zufallen? Das meiste Recht darauf hätten wohl die Griechen, zu deren Einflußsphäre es längst gehört. Die Kultur, die Sprache, die Bevölkerung sind hier ja überwiegend griechisch. Aber in

der hohen Politik gibt's keine Moral. Da spricht die Macht, nicht das Recht. Und da kamen mir wieder einige staatsgefährliche Gedanken: Werden wir 1924 die achtzig Millionen, die wir dann glücklich haben sollen, noch ernähren können? Oder wird etwa Deutsch-Südwest, wo kein Mensch hinmag, die überschüssigen Hungerleider aufgenommen haben? Mit Kiautschou ist's doch nichts. Bißchen zu weit, und die bösen Japaner!

Also wie wär's, wenn wir, statt auf China, unser Augenmerk auf das alte Kulturland, das lang genug verödete, an ungehobenen Schätzen reiche Kleinasien richteten? Wenn wir, kurz gesagt, für Kiautschou — Smyrna eintauschten?





Blatt- und Blütenfarbstoffe.

Von **Dr. C. Müller** in Potsdam.

Bei der großen Mannigfaltigkeit der Farben, mit der die Natur alljährlich von neuem die Pflanzenwelt schmückt, der Freude, die jedermann am frischen Grün des Waldes, der Farbenpracht der Blüten in Flur und Hain empfindet, da wird es gewiß nicht ohne Interesse sein, einmal nachzuforschen, mit welchen Mitteln denn diese Leistungen an Farbenreichtum hervorgebracht werden, welche Bedeutung diesen verschiedenen Farben für das Leben der Pflanze resp. im Haushalte der Natur zukommt.

Es ist wohl selbstverständlich, daß wir mit dem Grün unsere Besprechung beginnen; zeigen doch die weitaus meisten Blätter und krautartigen oberirdischen Stengel die grüne Farbe. Wiesen und Wälder lehren uns die weite Verbreitung derselben; von den niedersten Gewächsen — die Klasse der Pilze ausgenommen — bis zu den höchsten Pflanzen aufwärts finden wir sie allgemein, und nur wenige vereinzelte Blütenpflanzen entbehren des Chlorophylls oder Blattgrüns, so die durch ihre parasitische Lebensweise bekannte Schuppenwurz (Lathraea Squamaria), die im verwesenden Humus vorkommende Korallenwurz (Corallorrhiza innata), eine Orchidee und der im tiefsten Waldesschatten wachsende Fichtenspargel (Monotropa Hypopitys).

Die grüne Färbung der Pflanzen wird nicht durch einen gleichmäßig in den Zellen verteilten Farbstoff erzeugt; man findet vielmehr in jeder derselben eine große Anzahl grüner Körner, die bei Betrachtung mit bloßem Auge die homogene Grünfärbung bedingen, und die man als Chlorophyllkörner oder Chloroplasten bezeichnet. Bei der großen Mehrzahl der Pflanzen haben die Chloroplasten eine übereinstimmend körnerartige Gestalt; nur in verhältnismäßig wenigen Fällen, z. B. bei den Algen, finden sich schraubig gewundene, stern- und ringförmige Chlorophyllkörner. „Man gewinnt den Eindruck“, so schreibt Haberlandt darüber, „als hätte die Natur bei den niedersten,

chlorophyllhaltigen Pflanzen zunächst verschiedene Formen von Chloroplasten gebildet, um sie in Hinsicht auf ihre Funktionstüchtigkeit auszuproben und dann bei der Weiterentwicklung der Pflanzenformen ausschließlich von dem zweckentsprechendsten Modell Gebrauch zu machen." Und damit scheint Haberlandt das Richtige getroffen zu haben, denn die Körnerform sichert die zu ihrer Funktion — der Kohlensäurezerlegung — zweckmäßigste Verteilung.

Die Chloroplasten bilden mit den Chromo- und Leukoplasten die als Chromatophoren bekannten Zellbestandteile, Körper, die darin übereinstimmen, daß sie geformte Teile des Plasmakörpers der Zelle darstellen, welche zum Träger eines Farbstoffes geworden sind. Jeder Chromatophor besteht demnach zum mindesten aus zwei Stoffen, dem Farbstoff und dem protoplasmatischen Träger desselben. Jener läßt sich durch geeignete Lösungsmittel, wie Alkohol, Äther, Benzin usw., ausziehen, dieser bleibt unverändert zurück.

In den peripherischen, dem Lichte ausgesetzten Teilen der Pflanzen werden aus den Anlagen der Chromatophoren meist grüne Chloroplasten oder Chlorophyllkörner erzeugt, während sie sich in den inneren Teilen der Pflanze, zu denen das Licht nicht gelangt, zu farblosen Leukoplasten umbilden, die sich, dem Lichte ausgesetzt, noch häufig in Chloroplasten umwandeln. Übrigens gibt es auch Pflanzen, welche oberflächliche Leukoplasten haben; Blätter dieser Art werden in der Gärtnerei als pomaschiert bezeichnet.

Die Grundsubstanz der Chlorophyllkörner ist farblos, führt aber zahlreiche, gefärbte Tröpfchen, die man Grana nennt. Letztere bestehen aus einer ölartigen Substanz, welche zwei grüne Farbstoffe, deren einer das eigentliche Chlorophyll ist, und mehrere gelbe Farbstoffe in Lösung hält. Unter diesen unterscheidet man neben dem Xantophyll das Karotin, einen Farbstoff, der seinen Namen nach den Karotten, den spindelförmigen Wurzeln der Möhre (Daucus carota), führt, in welchen er reichlich vertreten ist und denen er auch die gelbrote Färbung verleiht. Wenn die grünen Chlorophyllkörner meist nur, wie oben angedeutet ist, bei Gegenwart des Lichtes entstehen, so beruht dies darauf, daß wohl das Karotin, in der Regel aber nicht das Chlorophyll im Dunkeln gebildet wird. Doch lehrt die Entstehung desselben im Dunkeln bei den Koniferenkeimlingen und einigen Algen, daß dieselben nicht generell an die Belichtung gekettet ist; sie wird vielmehr häufig angestrebt, aber durch noch zu erforschende, mit dem Lichtentzug sich einstellende, anormale Verhältnisse verhindert. Im allgemeinen nimmt jedenfalls das Ergrünen einer Pflanze mit der Intensität des Lichtes zu; andererseits aber wird der Chlorophyllfarb-

stoff der lebenden Zelle durch ein Licht zu hoher Intensität in kurzer Zeit vollständig zerstört. Gebildet wird das Chlorophyll übrigens nicht nur im Sonnenlicht, sondern auch im künstlichen Licht, so im Scheine der Kerzen, der Petroleum- und Leuchtgasflamme, besonders aber im elektrischen Licht.

Des weiteren hat jede Pflanze zur Ausbildung des Chlorophylls eine bestimmte Wärme nötig. Durch wiederholte Versuche ist ermittelt, daß das Ergrünen von einem Wärmeminimum von 4—5 Grad abhängig ist und bis zu einer Temperatur von 30—35 Grad normal vor sich geht. Wird das Wärmemaximum überschritten, so erfolgt das Ergrünen immer langsamer, und schon einige Grade über dem bezeichneten Maximum bewirken, daß die Pflanzen nicht ergrünen, sondern eventuell absterben.

Endlich spielt die Anwesenheit einer, wenn auch nur geringen Menge von Eisen unter den Nährstoffen eine bedeutende Rolle. Fehlt Eisen ganz, so entstehen fahlgelbe Blätter; die Pflanze wird chlorotisch.

Wir dürfen nun die Besprechung der Chlorophyllkörper nicht schließen, ohne ihrer schon kurz erwähnten Funktion, ihrer Bedeutung im Haushalte der Natur zu gedenken. Die Chloroplasten allein sind nämlich imstande, durch Zerlegung der Kohlensäure der Luft in ihre beiden Grundstoffe Kohlenstoff und Sauerstoff den für die Ernährung der Pflanzen durchaus notwendigen Kohlenstoff zu schaffen, der dann unter Verwendung eines Teils des in die chlorophyllhaltigen Zellen eintretenden Wassers zur Bildung organischer Verbindungen benutzt wird. Dieser als Assimilation bezeichnete Vorgang findet nur unter Einwirkung des Lichtes statt. Im Dunkeln assimiliert der Chlorophyllapparat nicht, auch wenn sonst alle Bedingungen für eine rege Assimilation vorhanden sind; sie beginnt erst mit eintretender Beleuchtung, die ebenso wohl aus künstlichen, wie aus kosmischen Lichtquellen stammen kann.

Die Lichtschwingungen des Athers, so schreibt Noll, liefern die Energie zur Kohlenstoffumsetzung so, wie die Wärmeschwingungen die Energie zum Betriebe einer Dampfmaschine abgeben. Bei der Assimilation des Kohlenstoffs ist eine ansehnliche chemische Arbeit zu leisten, und von den dadurch geschaffenen Spannkräften werden vornehmlich die Lebensvorgänge der Organismen unterhalten. Auch die durch unsere Dampfmaschinen erzeugten und zu den mannigfachsten Arbeitsleistungen verwandten Kräfte sind auf die Assimilationstätigkeit jener Pflanzen zurückzuführen, deren verkohlte Reste unter dem Maschinenkessel verbrennen. Denn beim Verbrennen der

reduzierten Kohlenstoffverbindungen zu Kohlensäure wird nur jene Arbeitsleistung wieder frei, welche umgekehrt nötig war, die Kohlensäure in jene Brennstoffe überzuführen.

Zum Betriebe der Assimilationstätigkeit sind aber durchaus nicht alle Ätherschwingungen, die sich unserm Auge als Licht bemerkbar machen, gleich befähigt. Die stark brechbaren „chemischen" Strahlen sind dabei viel schwächer beteiligt als die roten, orangen und gelben; es ist also der sogenannte leuchtende Teil des Spektrums für die Assimilation am wirksamsten.

Ist man nun auch darüber vollständig im Klaren, daß nur die grünen Chlorophyllkörper befähigt sind, zu assimilieren — nach Engelmann sollen allerdings auch die chlorophyllfreien Purpurbakterien im ultraroten Lichte ebenso assimilieren, wie grüne Pflanzen im sichtbaren —, so ist doch über die Rolle, welche dem grünen Chlorophyll dabei zufällt, bis jetzt nichts weiter festgestellt, als daß es unbedingt vorhanden sein muß, wenn Assimilation stattfinden soll. Kerner glaubt ihm hierbei eine dreifache Bedeutung zuschreiben zu dürfen. Erstens soll es die Fähigkeit besitzen, diejenigen Strahlen des Sonnenlichts, welche das Entstehen der Kohlehydrate verhindern könnten, zurückzuhalten und auszulöschen, weiterhin die Strahlen mit geringer Schwingungsdauer in solche mit großer Schwingungsdauer, welche, wie schon hervorgehoben, auf die Bildung von Stärke und Zucker am günstigsten wirken, zu verwandeln und endlich noch Licht in Wärme umwandeln zu können. Hansen erblickt die Bedeutung des Chlorophyllfarbstoffes darin, daß dieser in aktiver Weise die Kohlensäure der Luft anzieht und mit derselben, ähnlich wie der Blutfarbstoff mit dem Sauerstoff, eine lose Verbindung eingeht, um die Kohlensäure wieder an das assimilierende Plasma der Chlorophyllkörner abzugeben. Das Chlorophyll würde hiernach also lediglich als Übertrager der Kohlensäure wirken. Nach Kohl teilen sich das eigentliche Chlorophyll und das Karotin in die assimilatorische Tätigkeit des Chloroplasten, wenn auch zu ungleichen Teilen; beide absorbieren, einander ergänzend, je einen Teil des Sonnenlichts und machen denselben für die Zersetzung der atmosphärischen Kohlensäure nutzbar. Ist die Absorption des Chlorophylls auf die rote Hälfte des Spektrums beschränkt, so liegt die des Karotins ausschließlich in der blauen.

Es würde zu weit führen, wollten wir noch auf andere über diese Frage aufgestellte Hypothesen eingehen. Uns mag hier die Tatsache genügen, daß nur unter Mitwirkung der grünen Chloroplasten im Sonnenlicht aus dem Kohlendioxyd der Atmosphäre und dem in die Zellen eintretenden Wasser organische Substanz von der Pflanze ge-

bildet werden kann. Und durch Umwandlung dieser organischen Substanz entsteht dann im Stoffwechsel das ganze Heer jener Verbindungen, von welchen sich alle nicht grünen Pflanzen (Pilze usw.), alle Tiere und der Mensch ernähren. Mithin hängt die Existenz aller Lebewesen im Grunde genommen von der grünen Pflanze ab; ihr Verschwinden aus irgend einem Grunde vom Erdboden bei sonst gleichbleibenden Bedingungen würde den Hungertod aller anderen Wesen zur Folge haben. Aber auch insofern ist die Tätigkeit der grünen Pflanze für Menschen und Tiere von größter Wichtigkeit, als durch diese eine zu große Ansammlung von Kohlendioxyd in der Luft verhindert, andererseits der durch den Atmungsprozeß verbrauchte Sauerstoff wieder ersetzt wird, denn das beim Assimilationsprozeß freiwerdende Nebenprodukt ist Sauerstoff. „Dieses grüne Blättlein", so schreibt Francé mit Bezug hierauf, „das so schlau sein Erworbenes beiseite zu schaffen weiß, ist ja der größte Wohltäter des Menschen, der uns mehr Segen spendet als so manches, zu dem die Menschheit demütig aufblickt. Dieses grüne Blättlein, das in jedem April in einigen Billionen wiederkommt, befreit uns von dem Gifthauch, den jedermann ausatmet, den Vulkane und Fumarolen ununterbrochen in die Luft speien, mit dem Fabrikschornsteine, hunderttausend Essen und Lokomotiven, jedes Feuer, jede brennende Kohle täglich das Leben bedrohen. Die anderthalb Milliarden Menschen atmen täglich 1200 Millionen Kilo Kohlensäure aus; die 460000 Millionen Kilo Kohle, die man jährlich verbrennt, schwängern die Luft mit 1 265 000 Kilo giftiger Kohlensäure, aber jeder Eichbaum speichert, wenn er nur 40 Zentner wiegt, schon 1750 cbm Kohlensäure in sich; die bayrischen Wälder allein entziehen der Luft alljährlich 29 000 Millionen Kilo Kohlensäure und geben dafür 20 000 Millionen Kilo Sauerstoff zurück."

Nicht immer macht sich das Vorhandensein der grünen Chlorophyllkörner durch eine grüne Färbung des Pflanzenteils bemerkbar; sie können und werden recht häufig durch andere Farbstoffe verdeckt. So besitzen viele Algen Chromatophoren, in denen neben Chlorophyll zugleich ein in Wasser löslicher brauner, blauer oder roter Farbstoff, das Phycophaein, das Phycocyan und das Phycoerythrin, vorhanden ist, wodurch die blaugrüne oder rote usw. Farbe der betreffenden Algenart bedingt wird. Und nicht ohne Grund hat die allgütige Mutter Natur ihre Kinder mit diesen besonderen Farben geschmückt. Während nämlich den im Freien wachsenden Pflanzen im allgemeinen alle Strahlen des gemischten weißen Lichtes zur Verfügung stehen, sind die in der Meerestiefe lebenden — und gerade bei solchen

Algen finden sich die vorgenannten Farbstoffe, — viel ungünstiger gestellt. Nicht genug, daß ein Teil des auf den Wasserspiegel einfallenden Lichtes reflektiert, der andere Teil bei seinem Durchgange durch das Wasser geschwächt wird, werden auch von den durchgehenden Strahlen noch diejenigen zurückgehalten, welche für die stoffbildenden Chlorophyllkörner in den Pflanzenzellen notwendig sind, die roten, orangen und gelben Strahlen. Soll doch z. B. die Lichtstärke roter Strahlen schon bei 34 m um das 600000fache geschwächt werden. Da treten nun die obengenannten Farbstoffe ins Mittel. Sie zeigen nämlich eine sehr kräftige Fluoreszenz, d. h. sie absorbieren einen großen Teil der auf sie fallenden Lichtstrahlen und senden andere Strahlen von größerer Schwingungsdauer aus. Die blauen und grünen Strahlen, die vom Wasser durchgelassen werden, werden also durch diese Farbstoffe gewissermaßen in gelbe, orange und rote umgewandelt, und so erhalten die Chlorophyllkörper schließlich doch noch jene Strahlen, welche bei der Zersetzung der Kohlensäure als treibende Kraft wirksam sind. Hiermit ist aber auch die Erklärung gegeben, daß die Gewächse des Meeres nur hart am Strande, nur in den oberflächlichsten Wasserschichten grün, weiter abwärts dagegen braun und rot gefärbt sind.

Auch bei den höheren Pflanzen ist das Chlorophyll vielfach durch einen roten Farbstoff verdeckt, wie z. B. bei der Blutbuche und dem Bluthasel. Hier ist es ein im Zellsafte gelöster Farbstoff, das Anthocyan, der diese eigenartige Farbe der Blätter bedingt. Ausgezeichnet ist dies dadurch, daß es nur rot im sauer reagierenden Zellsaft erscheint, violett, wenn die Menge der freien Säuren eine sehr geringe ist, blau dagegen im alkalisch reagierenden Zellsaft. Oft tritt, wie Altishofen mitteilt, die Disposition, diesen roten Farbstoff zu bilden, spontan auf. Auf dem Wege der ungeschlechtlichen Vermehrung, entweder durch Stecklinge oder durch Veredelung, gelingt es dann wohl dem Gärtner, die Neigung zum Rotwerden zu fixieren, bleibend zu machen und sogar zu steigern. Wie weit es die Gärtnerei durch künstliche Zucht in der Ausbildung des Anthocyans gebracht hat, d. h. in der Zucht buntblättriger Pflanzen, beweist das Heer der sogenannten Teppichpflanzen, allen voran die Gattung Coleus, ferner die Achyranthes, Amarantus, Atriplex, Perilla, Alternantheren u. a. Es gibt bereits Coleusarten, welche von Anthocyan derart strotzen, daß sie beinahe schwarz erscheinen. Von grünem Farbstoff ist mit bloßem Auge bei allen diesen Pflanzen nichts zu erkennen, und doch ist er, wie eine mikroskopische Untersuchung zeigt, vorhanden; das Anthocyan hat ihn nur verdeckt.

Jedenfalls ist das Anthocyan ein häufig auftretender Farbstoff. So nehmen immergrüne Pflanzen, z. B. die Thuja, im Winter eine rötliche Farbe an, eine Erscheinung, die gewiß schon manchen Gartenbesitzer geängstigt hat, im Glauben, die schöne Pflanze sei erfroren. Das Chlorophyll wird hier nicht vernichtet, sondern zum Teil in rote, anthocyanhaltige Farbstofftröpfchen umgewandelt. Nötig sind dazu Kälte und Licht; dementsprechend wird sich auch die Thuja an der dem Licht abgewendeten Seite weniger stark rot färben als auf der Sonnenseite. Auch die rote Farbe des austreibenden jungen Laubes bei vielen Laubgewächsen und Kräutern wird durch das Auftreten des Anthocyans bewirkt. Beispielsweise erzeugen manche Eichen- und Ahornarten sowie Rosen im Frühling rotes Laub, das aber später ergrünt. Wahrscheinlich dient hier das Anthocyan zum Schutze des Chlorophylls oder zur Umwandlung von Licht in Wärme. Kny stellte dies dadurch fest, daß er zwei Gefäße mit der gleichen Quantität roter und grüner Blätter desselben Baumes füllte und diese der Bestrahlung durch die Sonne aussetzte. Er bemerkte, daß bei gleicher Besonnung die Temperatur in den mit roten Blättern gefüllten Gefäßen bald um etwa 4°C mehr betrug als in den mit grünen Blättern gefüllten. Der Jenenser Botaniker Prof. Stahl bestätigte diese Erfahrung in umfassendstem Maße. Er verwendete dazu unter anderem in sehr sinnreicher Weise das Fett der Kakaobohnen, die sogen. Kakaobutter, die schon bei 27,8° C schmilzt, in dem er grüne und rote Blätter damit bestrich und dann der Sonne aussetzte. Da die Butter an den roten Blättern rascher schmolz, war dadurch in bester Weise der Beweis erbracht, daß das Anthocyan einen Teil der Sonnenstrahlen in Wärme umsetzt.

Damit rückte, so bemerkt dazu Francé, eine Menge interessanter Erscheinungen unserer heimischen Pflanzenwelt in neues Licht. Das reizende Maßliebchen (Bellis), das uns mitten im Winter mit seinen lieben Blütenköpfen erfreut, wenn nur durch einige mildere Tage der Schnee von der Weide auf kurze Zeit vergangen ist, hat in solcher Zeit der Not schön purpurrot gefärbte Blumenblätter. Ähnliches kennt jeder Naturfreund von den Schafgarben (Achillea), den Taubnesseln (Lamium album) und anderen sonst weißblütigen Pflanzen, die im Spätherbste zum zweiten Male blühen, aber dann rosenrot überlaufen oder auch karmingesprenkelt sind. In allen diesen Fällen ist Anthocyan vorhanden, und das, was ein poetisches Gemüt höchstens für einen hübschen ästhetischen Einfall hielt, entpuppt sich nun als bewundernswerte Zweckmäßigkeit, als der denkbar praktischste Ofen, welcher unwirtlichen Temperaturen nachzuhelfen sucht.

Anthocyan entsteht auch nicht selten in den Laubblättern, ehe diese abfallen. Bekanntlich wechseln die Blätter vieler Bäume kurz vor diesem Vorgange die Farbe; ihr Zellinhalt wandert mehr oder weniger aus, und auch die Chloroplasten lösen sich. In den mit wässerigem Inhalt erfüllten Zellräumen sieht man dann nur noch einige Öltröpfchen und Kristalle, außerdem gelbe, stark lichtbrechende Kugeln. Nach Kohl handelt es sich hierbei um ein vollkommenes Verschwinden des Chlorophylls und ein dadurch ermöglichtes Hervortreten des bereits vorhandenen Karotins und Xanthophylls. Tritt nun gleichzeitig Anthocyan auf, so sieht ein solches Blatt nicht gelb, sondern orangerot aus, und es zeigen dann die Blätter, je nachdem dieser oder jener Farbstoff das Übergewicht hat, zur Zeit der herbstlichen Stoffwanderungen das herrliche Farbenspiel, das um so mannigfaltiger ist, je zahlreicher die Pflanzenarten sind, welche an einem Orte in geselligem Verbande vorkommen. Sind die Blätter dicht mit Seiden- oder Wollhaaren bekleidet, oder sind sie filzig oder schülferig, so kommt es in ihnen kaum jemals zur Entwicklung von Anthocyan, aber wenn sich das grüne Gewebe solcher Blätter auch verfärbt, so tritt die neue Farbe so wenig wie früher das Grün hervor, weil das Haarkleid über die gefärbten Zellen gebreitet ist. Solche dicht filzigen, seidigen oder schülferigen Blätter bleiben daher grau oder weiß, auch zur Zeit, wenn sie von den Zweigen fallen. Wenn derlei Pflanzen unter anderen Arten wachsen, so wird dann durch die grauen und weißen Farbentöne ihres Laubes die Buntheit des ganzen Bestandes noch wesentlich erhöht. Am farbenreichsten aber gestaltet sich der Bestand, wenn demselben auch noch Gewächse mit immergrünen Blättern eingesprengt sind; es kann dann dazu kommen, daß Flur und Wald auf verhältnismäßig beschränktem Raume mit allen Farben des Regenbogens in der mannigfaltigsten Abwechslung geschmückt erscheinen.

Was nun die Farbenpracht der Früchte und Blüten, den überraschenden Wechsel und die Verschiedenheit in der Färbung derselben betrifft, so wird alles dies nur durch Kombination dreier überaus einfacher Dinge hervorgerufen: Farbstoffkörnchen, gefärbtes Wasser und Luft in Verbindung mit gewissen Fältelungen und Protuberanzen der äußersten Zellenreihe verleihen den Blumen die ganze Märchenschönheit. Unter den Farbstoffkörnchen kommen nun hierbei in erster Linie die schon anfangs erwähnten Chromoplasten in Betracht. Diese können entweder wie die Chloroplasten rundliche Körner bilden oder sie zeigen sich, infolge der Kristallisation des Farbstoffes, nadelförmig gestreckt oder zu dreieckigen oder rhombischen Tafeln und

Fächern ausgestaltet. Ihre Färbung hält sich zwischen gelb und rot und rührt entweder von gelbem Xanthophyll oder orangerotem Karotin her. Letzteres neigt zum Auskristallisieren und bedingt hierdurch die eben erwähnten kristallähnlichen Formen bei vielen Chromoplasten, doch können sie ihre nadelförmige Gestalt auch einem eingeschlossenen Eiweißkristalle verdanken. Das Xanthophyll ist auch in den Chromoplasten stets im amorphen Zustande vertreten.

Sehen wir uns nun die einzelnen Blütenfarben etwas näher an. Die blauen Glockenblumen und die Enziane, die violetten Veilchen und die roten Nelken, sie alle verdanken dem Anthocyan ihre Färbung, denn dieser im Zellsaft gelöste Farbstoff hat ja, wie schon hervorgehoben worden ist, die Eigenschaft, je nach der Reaktion seines Lösungsmittels bald blau, bald violett, bald rot zu erscheinen. Unser allbekannter Klatschmohn hat scharlachrote Blumenblätter, die am Grunde dunkelviolette resp. schwarze Flecken zeigen, und beide Farbenerscheinungen werden durch das Anthocyan hervorgerufen, das eben da, wo die Blätter rot gefärbt sind, im sauer reagierenden Zellsaft, an den dunklen Stellen im basischen Zellsaft gelöst ist. Wenn dabei die dunklen Flecke nicht selten fast schwarz erscheinen, so wird dies dadurch bewirkt, daß hier das Anthocyan in sehr konzentrierter Lösung vorhanden ist und die dadurch erzielte tiefdunkelblaue Farbe in scharfen Kontrast zu dem roten Teil der Blumenblätter tritt.

Hahnenfuß-, Goldregen- und gelben Rosenblüten verleiht das Karotin die gelbe Färbung, und da, wo die gelben Chromoplasten mit rotem Anthocyan gemengt sind, erhalten wir die rotgelbe Farbe der Lilien. Tritt zu den gelben Chromoplasten violetter Zellsaft, so entstehen die verschiedenen Nüancen des Braun, wie wir sie wohl beim Goldlack beobachten können, doch kann diese Farbe auch aus Chlorophyll und rotem Anthocyan entstehen. Keinerlei Farbstoffkörner noch Flüssigkeit, sondern nur Luft enthalten die schneeweißen Blüten, denn die Luft erscheint in auffallendem Lichte gegen einen dunkeln Hintergrund immer weiß, um so mehr, als die Durchsichtigkeit durch die vielen Zellwände und ihre Ornamente gehemmt wird wie von trübem Glas. Dieses Fehlen jeglichen Farbstoffes in den weißen Blüten bedingt aller Wahrscheinlichkeit nach, daß, wenn eine Blume in mehrfarbigen Varietäten vorkommt, die weißen in der Regel zuerst aufblühen. Man kann sich nämlich vorstellen, daß diese weißen Varietäten vor den gefärbten Abarten einen Vorsprung erlangt haben, weil sie keine Kraft für die Farbenerzeugung aufzuwenden haben.

Tatsächlich stehen der Pflanze also nur wenige Farbstoffe zur Verfügung, um all die vielbewunderte Blütenpracht, diese verschiedenartigen

Übergänge von einer Farbe zur anderen, Nüancen, Schattierungen, Abtonungen und andere Variationen, wie Strichelung, Punktierung und Streifung hervorzurufen. Je dicker die aufgetragene Schicht von Farbstoffkörnchen, je konzentrierter der gefärbte Zellsaft, um so leuchtender und intensiver erstrahlen die Farben, während sie andererseits außerordentlich gedämpft und fein nüanciert werden, wenn die farbentragende Zellreihe mit durchsichtigen Zellagen wie mit Schleiern verhüllt wird. Aus der Zusammenstellung von Farbsaft und Farbkörnchen lassen sich gebrochene Töne herstellen, während die samtweiche Oberfläche der Stiefmütterchen- und Gloxinienblüten dadurch bedingt wird, daß die mit blauem Zellsaft gefüllten Oberhautzellen zu zahllosen Höckerchen und Wärzchen ausgewachsen sind. „Was die modernen Maler als neueste Technik priesen, was wir an den Arbeiten der Pointillisten und an Giov. Segantini staunend bewunderten: die Zerlegung der Farbe in unzählige Farbenpunkte, das ist“, so schreibt Francé, „eigentlich ein uraltes Naturgeheimnis, welches die Botaniker schon lange vor den Künstlern entdeckten. Nur ist die Technik der Pflanze viel vollkommener. Erstens sind der Geschmack und die Sicherheit unübertrefflich, mit der sie ihre wenigen, einfachen Farbenpünktchen zu den zartesten Übergängen zu vereinigen weiß, zweitens sind ihre Farbenklexe so fein, daß sie gerade das überaus glücklich zu vermeiden weiß, was den Pointillismus sicher aus der Mode bringen wird, nämlich den unruhigen, zitternden Eindruck der Gemälde. Es gelang nur den größten Feinmalern, die mit spitzem Pinsel monatelang an einem kleinen Bildchen arbeiteten, das anmutig Weiche der Blumenschönheit wiederzugeben, was in Wirklichkeit doch nur ein Mosaik ist.“ Alles in allem, der Pflanze steht trotz ihrer ärmlichen Palette der Weg zur Künstlerschaft offen; es gehört nur ein Künstler dazu, der dieses primitive Handwerkszeug geschickt zu verwerten weiß. Und alle diese Körnchen und Farbstofftröpfchen hat nicht etwa der Zufall zusammengeworfen, ja ganz im Gegenteil: die Zweckmäßigkeit der auf den Blumen gemalten Ornamente ist viel erprobt, und wenn auch das Geheimnis der Blütenbemalung noch nicht völlig gelöst ist, eins wissen wir sicher: die Blumen blühen nicht unsertwegen; sie besitzen ihren Farbenreichtum vielmehr, um Insekten und Vögel anzulocken, damit durch diese die Bestäubung vermittelt wird, eine Entdeckung, die bekanntlich schon vor mehr denn hundert Jahren durch Christian Konrad Sprengel gemacht worden ist. Nun haben aber fast alle Insekten, Fliegen, Käfer, Schmetterlinge und Bienen schlechte Augen, und da kann es nicht wundernehmen, wenn der Putz unserer Wiesenblumen in nicht wenigen Fällen ein so greller ist.

Das Knallrot, ein stechendes Gelb, blendendes Weiß, oft dick unterstrichen durch effektvolle Farbenzusammenstellungen, sind besonders beliebt. „Gelbe Köpfchen werden von einer blütenweißen Tunika eingefaßt oder Gelb stellt sich gerne mit einem lichten Violett zusammen, Rot mit Schwarz, Rosa mit Grün und so weiter in bunter Abwechslung. Aus dieser reichen Palette hat die Gartenkunst mit ästhetischem Blick die feinen Zusammenstellungen ausgewählt und die diskreten Nüancen geschaffen. Darum ist der Unterschied zwischen dem Tafelbukett und dem Feldblumenstrauß genau derselbe wie zwischen der Toilette einer Dame und dem Nationalkostüm einer Bauerndirne."

Bemerkenswert ist, daß die Besuche, welche den Blumen von seiten der Bienen, Falter, Fliegen usw. gemacht werden, von der Farbe der Blüten wesentlich beeinflußt werden, daß es für bestimmte Insekten geradezu „Lustfarben" und „Unlustfarben" gibt. Die Lieblingsfarbe der Honigbiene z. B. ist ultravioletthaltiges Blau; auch reines Blau und Violett wirken noch anziehend, Gelb wird weniger aufgesucht, ist aber nicht gemieden; gegen Grün verhalten sich die Bienen gleichgültig, Rot wird dagegen von ihnen verabscheut und ist ihre Unlustfarbe, jedoch gilt dies nur für Scharlachrot, Zinnoberrot und die weiteren Abstufungen zu Orange. Ob es sich dabei um eine wirkliche Scheu vor der Scharlachfarbe handelt, oder ob die Honigbiene etwa diese Farbe überhaupt nicht sieht, weil ihrem Auge jene Nervenfasern abgehen, welche auf Scharlachrot gestimmt sind, ist bisher noch nicht entschieden. Das schließt nicht aus, daß wieder andere Tiere diese Farbe gut sehen, und so sind denn auch für Rot die Schmetterlinge besonders empfänglich. Dasselbe gilt in den tropischen Gebieten auch noch für die Kolibris, und damit sicher in engstem Zusammenhang steht die Beobachtung, daß der Teil Amerikas, von Karolina bis Brasilien nicht nur das Land der Kolibris, sondern auch der scharlachroten Blumen ist. Schließlich mag hierzu noch bemerkt werden, daß die Wespen das dunkle Braun, die Fliegen das Braungelb und die Fleischfarben lieben, während die weißen Blumen von keinem Kerbtier völlig verschmäht werden.

Höchst wahrscheinlich wird durch die Vorliebe oder zum wenigsten anscheinende Abneigung, die die einzelnen Insektenarten für diese oder jene Blütenfarbe bekunden, der auffällige Wechsel der herrschenden Blütenfarbe im Laufe der Jahreszeiten bedingt. Für das Gebiet der baltischen Flora wurde nach Kerner durch Kurvenzeichnung ermittelt, daß im April und Mai die weiße Blütenfarbe vorherrscht, und daß von dem Höhepunkte im Mai die Kurve des Weiß

allmählich bis zum tiefsten Stande im Spätherbste herabsinkt. Die gelbe Blütenfarbe erreicht einen ersten Höhepunkt im Mai, tritt im Laufe des Sommers etwas zurück und gelangt im Oktober noch zu einem zweiten Höhepunkte. Die Kurve der roten Blütenfarbe hält im ersten Frühlinge einen niederen Stand ein, erhebt sich dann gleichmäßig den Sommer hindurch und erreicht ihren Höhepunkt im September. Die Kurven von Violett und Blau zeigen zwar während der ganzen Vegetationszeit keine großen Schwankungen, doch sind auch an ihnen, ähnlich wie bei Gelb, zwei Höhepunkte zu bemerken, von welchen einer in den Frühling, der andere in den Herbst fällt.

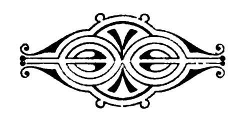
Selbstverständlich erleidet der Verlauf der vorbeschriebenen Kurven schon in den angrenzenden Floren Abweichungen, und noch größer scheinen diese Abweichungen unter gleicher Breite in Nordamerika zu sein. Für unsere Heimat gestaltet sich der Verlauf im Wechsel der Blütenfarben im wesentlichen so, daß im allerersten Frühling Violett und Blau vorherrschen. Auf die Leberblümchen, Veilchen, Meerzwiebeln (Scilla) und Träubel (Muscari), die in den ebengenannten Farben prangen, folgen dann weiße und gelbe Blüten, bis endlich im Hochsommer nach dem Erlöschen der weißen Doldenblüte die vielen Korbblütler, alle gleißend gelb, den Sieg davontragen. Neben dem Gelb erscheint Rosa, das allmählich zum leuchtenden Rot übergeht, und schließlich kommt wieder Blau an die Reihe und verblaßt mit blauen Wegwarten, Scabiosen und Glockenblumen. Und nichts anderes sieht der Naturforscher heute in diesem Farbenwechsel als eine Anpassung der Blumen an den Geschmack der Insekten. Im ersten Frühling fliegen nach Francé vornehmlich die Blau und Violett liebenden Bienen; erst im Mai erwacht das bis dorthin schlafende Heer der Zweiflügler. Um die Sonnenwende ist der Höhepunkt des animalischen Lebens erreicht, da sind alle Wiesen und Wälder von einem feinen Klingen erfüllt, und von morgens bis abends hört man das Sausen der unzähligen Flügelchen, die sich in dieser hohen Zeit der Natur zu Tode flattern. Aber schon im Hochsommer ist der Schwarm vorbei. Die unermüdlichen Bienen und Hummeln suchen freilich noch immer das Gefilde ab, allein sie gehen ja auch gern auf gelbe Blumen. Mit ihnen wetteifern nun die Falter, die erst in den Regenströmen des Herbstes ertrinken.

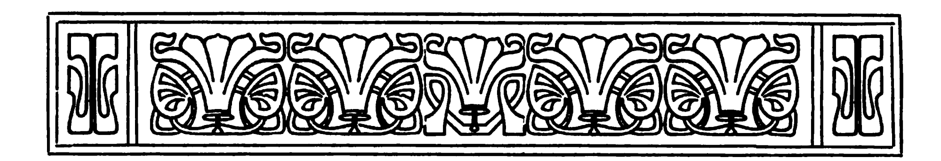
Doch wer im Sommer einmal auf einer Hochgebirgswanderung eine Probe auf das vorgenannte Exempel anstellen wollte, der würde schon beim ersten Versuche zu der Überzeugung kommen, daß sie nicht stimmt. Die Alpenwiesen sind zu dieser Jahreszeit ein wahres Blumenmeer, und Weiß und Rot, Gelb und Blau, Braun und Grün

stehen da im bunten Gemenge dicht beieinander, und Bienen, Hummeln, Fliegen und Falter, sie alle sieht man gleichzeitig an der Arbeit. In der alpinen Flora scheint demnach von dem Vorherrschen bestimmter Blütenfarben im Laufe der Vegetationszeit überhaupt keine Rede zu sein. Und tatsächlich ist dem auch so. Auf den Höhen über der Baumgrenze gibt es eigentlich keinen Frühling und keinen Herbst; es besteht dort nur ein kurzer Sommer, der auf den langen Winter folgt, und es müssen sich alle Pflanzen beeilen, in dieser eng bemessenen Zeit zur Blüte zu kommen, sowie dort auch alle blumenbesuchenden Tiere in dieser kurzen Zeit fliegen müssen, wenn sie nicht verhungern wollen. Kaum ist der Schnee abgeschmolzen, so kommen nach den Schilderungen Kerners gleichzeitig die violetten Glöckchen der Soldanellen und die goldigen Blüten der Fingerkräuter, die weißen Hahnenfüße und Mannsschilde, die roten Nelken und Primeln, die blauen Gentianen und die gelben Aurikeln, das himmelblaue Vergißmeinnicht und das gelbe Veilchen, desgleichen die in alle Farben gekleideten Steinbreche zur Blüte. Alle diese Blütenfarben sind dabei ins Leuchtende gesteigert, „von jener tiefen und ernsten Wirkung, wie sie alte, gemalte Glasfenster hervorbringen, oder die modernsten Glasschmelzarbeiten — oder, und das ist der beste Vergleich, als ob ein Schrein voll edelster Rubine, Smaragde und Amethyste über den Hang verschüttet wäre.“ Und auch in dieser Erscheinung haben wir im wesentlichen nur eine Anpassung an die besonderen Verhältnisse vor uns, unter denen die Alpenpflanzen leben. Der Sommer im Hochgebirge drängt sich nämlich auf ein paar Wochen zusammen, wie festgestellt ist, auf etwa vierzig Tage. Von diesen ist an etwa einem Drittel so schlechtes Wetter, daß Insekten überhaupt nicht fliegen. Im Hochgebirge hat demzufolge die einzelne Blüte sehr geringe Aussichten, von einem Insekt bestäubt zu werden. Es können sich also nur jene Arten erhalten und fortpflanzen, die über besondere Anlockungsmittel verfügen, und zu diesen gehören auffallend gefärbte Blüten, vor allen Dingen aber solche, deren Farben ins Leuchtende gesteigert sind.

Aus alledem geht hervor, daß die so mannigfaltig gefärbten Blüten nichts Anderes sind, als das Produkt eines Entwicklungsganges, erworben im Interesse der Selbsterhaltung. Zweckmäßige Anpassung ist es, die die ganze Fülle von Schönheit im Pflanzenreiche hervorgerufen hat, der wir die vielbewunderte Blütenpracht in Flur und Au verdanken. Nur eine kleine Zahl von Farbstoffen steht, wie wir gesehen haben, der Natur zur Verfügung, um die Kinder Floras alljährlich von neuem zu schmücken. Mit wenigen Mitteln

weiß sie die größten Erfolge zu erzielen und alle nur denkbaren Übergänge von einer Farbe zur anderen, alle möglichen Nüancen, Schattierungen und Abtönungen hervorzuzaubern. Und daß alles dies auf so verhältnismäßig einfache Weise erreicht wird, daß durch zweckentsprechende Kombinationen so weniger Farbstoffe so prächtige und überraschende Farbeneffekte erzielt werden können, wie sie uns die Pflanzenwelt auf Schritt und Tritt vor Augen führt, das gerade muß immer wieder und wieder unser Erstaunen erregen, uns mit Bewunderung erfüllen vor der Meisterin Natur, die durch nichts übertroffen wird.





Betrachtungen über die Mondregion Copernicus.

Von **Phil. Fauth** in Landstuhl.

(Schluß.)

Es war beabsichtigt, einen Ausflug in ein selenographisch hochinteressantes Gebiet anzutreten. Dazu genügt aber der Besuch des Ringgebirges Copernicus nicht. Dicht bei diesem Musterkrater unter den vielen Kratern des Mondes liegt eine Fülle Materials ausgebreitet, und die Formen der Oberfläche bieten auch hier zu Studien reichliche Gelegenheit. Dehnt sich gegen Westen die weite Fläche, so haftet der Blick im Südwesten von Copernicus auf einem mit zahlreichen Kuppen besetzten Plateau von geringer Erhebung und scharfer Umgrenzung, eine selbständige Scholle im Mondboden. Der Süden und der Norden sind erfüllt mit den vom Walle des Gebirgskranzes kommenden Ausläufern, und diese werden ergänzt und weiter fortgesetzt durch kleinere Ringgebirge, welche zufällig je einen Zwillingskrater darstellen. Im Südosten ist es der Doppelkrater A, im Norden ist es Gay Lussac mit seinem kleineren Nebenkrater. Der ganze Osten ist ein Trümmerfeld, mit isolierten, grob zerstreuten und massigen Bergen besetzt. Dieser Teil der Umgebung des Copernicus ist wohl der am wenigšten interessante, obwohl auch innerhalb der dazwischenliegenden Ebenen von kleiner Ausdehnung eine große Anzahl von Objekten liegt, deren spätere Untersuchung nicht umgangen werden kann. Diese Region ist heute noch nicht genauer mappiert. In der Nachbarschaft von Gay Lussac, einem Ringgebirge von fünfeckiger Umrahmung, daß eine zahlreich besetzte Kratergruppe enthält, liegen mehrere Rillen kreuz und quer beisammen, darunter ein gewaltiger Bruch, der die Karpathenscholle in zwei Hälften teilt. Es beginnt hier schon die Region der zahlreichen Kratergruben. Genau wie hier, so wimmelt es im Süden gegen den Krater Reinhold hin von Gruben und Rillen, die vielfach zerklüftet auftreten und als „Kraterrillen“ einen derberen Charakter bewahren. Schmidts

große Mondkarte ist hier leider durch Herübernahme Lohrmannscher Positionen so stark verzeichnet, daß dieser Teil unbedingt einer Neubearbeitung bedarf. Das bezieht sich auch auf die Situation des flachen Plateaus im Südwesten. Was hier alles zu finden ist und dem Selenographen Stoff zur Bewährung seines Augenmaßes und seiner objektiven Auffassung liefert, ist im einzelnen nicht interessant genug zu einer Mitteilung; die Fülle ermüdet, während sonstwo die Qualität reichhaltig abwechselt.

Die Ebene westlich von Copernicus ist einzigartig in ihrer Ausstattung mit Kratergruben, die zum Teil in Reihen geordnet sind und nach der Terminologie Schmidts „Kraterrillen" bilden, zum Teil auch von Bergadern begleitet sind. Flachheit ist der allgemeine Charakter dieser Region, Durchlöcherung der Ebene an der Ordnung. Wie schwer einst diese Fülle von starkrandigen Gruben zu entdecken und übersichtlich zu gruppieren war, kann aus Schmidts Originalbemerkungen ersehen werden. In bezug auf die nördlich beim flachen Wallkranze Stadius liegende Ebene sagt er am 27. August 1842: „Ich sah am sechsfüßigen Refraktor der Hamburger Sternwarte so viele kleine Krater daß ich eine genaue Aufzeichnung für unausführbar hielt." — 17. September 1843: „ich zählte am sechsfüßigen Refraktor wenigstens 90 Krater östlich bei Eratosthenes." — 3. Juli 1846: „Zu Bonn am fünffüßigen Refraktor war bei guter Luft die Zahl der Krater am vorhingedachten Orte zu groß, um sie genau darstellen zu können." — 4. März 1849: „Die Krater bei Eratosthenes und Stadius sind durchaus unzählbar. Im Stadius allein waren deren gegen 50, östlicher auf nahe gleichem Raume ebenfalls 50 und weiter gegen Norden hin etwa 100." — 10. Februar 1851: „Luft sehr gut; beobachtet mit 300 maliger Vergrößerung des fünffüßigen Refraktors. Östlich von Eratosthenes sind wenigstens 120 kleine Krater kenntlich; dazwischen noch viel kleinere angedeutet." — 16. Mai 1853: „Am 14füßigen Refraktor der Berliner Sternwarte erschien der Raum bei Stadius wie ein Sieb durchlöchert von feinsten Kratern, so daß die genaue Darstellung aller Details dieser Gegend an einem so großen Fernrohre ganz unmöglich wird". — Von der südlichen Gegend teilt derselbe Autor mit (4. März 1849): „Im Stadius zählte ich 50 Krater." — Dagegen finden sich keine Bemerkungen zur Begründung der zahlreichen Durchlöcherungen der Region im *WNW* von Copernicus, wo die „Charte" eine Überfülle von Gruben aufweist. Diese resignierenden Äußerungen des Altmeisters mögen wohl in der vergangenen Periode der Selenographie zutreffend gewesen sein. Verfasser hat jetzt durch Benützung einer Anzahl guter Gelegenheiten alle diese Gebilde sicher mappiert und sogar charakterisiert. Innerhalb der flachen Senke des Stadius liegen nach

seiner Karte 87 Kraterformen, außerhalb des Nordwalles 94 Krater. Der im *NO* etwa konzentrisch mit dem Walle des Copernicus ziehende Kraterstrang (Kraterrille) enthält 94 rundumwallte Krater und Gruben, die ebene Region von da bis in die Vorberge des Copernicus 222 Krater; und zwischen Stadius im Norden, dem vorerwähnten flachen Plateau im *SW* des Copernicus, und dem Krater Gambart *C* befinden sich einschließlich der zwei größeren Objekte in 4° nördlicher selenographischer Breite nochmals 321 Krater und zum Teil sehr kleine Gruben. Das ergibt eine Gesamtzahl dieser Klasse von Mondformen auf der genannten Karte von 818, woraus mancherlei lehrreiche Erkenntnisse fließen, nicht nur für die Statistik und Topographie, sondern auch für die Beurteilung und Entwicklung der Detailkenntnis sowie für den technischen Fortschritt der Okularuntersuchung in den letzten dreißig Jahren. Dabei sei mit besonderer Betonung gesagt, daß diese Fülle von Angaben nicht etwa mit einer gewissen Willkür dem Kartenbilde einverleibt worden ist, sondern daß jedes Objekt mehrmals, zum Teil sehr oft verifiziert und nach Lage und vorhandenen Eigentümlichkeiten genau festgelegt worden ist. Man darf wohl mit Sicherheit erwarten, daß weitere Bemühungen mit etwas kräftigeren optischen Mitteln noch einige Dutzend solcher Bildungen in den Bereich der Wahrnehmung rücken werden. Zählt man die im Süden und Osten des Copernicus bereits bekannt gewordenen Objekte hinzu, so ergibt sich, daß das in diesen Zeilen besprochene Mondgebiet über 1000 Krateröffnungen neben rund 90 Rillen aufweist. Obwohl diese Summe so groß ist, daß sie 13 Prozent aller derartigen Objekte auf den Karten von Mädler oder Lohrmann gleichkommt, kann man doch nicht behaupten, der Mondboden sei bei Stadius wie ein Sieb durchlöchert oder die Fülle der umrandeten Senken sei unübersehbar und undarstellbar. Verfasser hat die Erfahrung gemacht, daß bei einem speziellen Studium dieser Gegend eine Orientierung viel leichter ist als in dem ermüdenden Einerlei der Mondalpen oder Mondapenninen. Die Mittel zur Besiegung derartiger Schwierigkeiten liegen, wenn ein entsprechendes Fernrohr (von etwa neun Zoll Öffnung) verwendet wird und wenn das Observatorium eine vorteilhafte Lage hat, einzig in der Beharrlichkeit des Beobachters, der in kurzer Zeit einen derartigen Überblick gewinnt, daß sich gewisse Konstellationen seinem Gedächtnis einprägen. Sie sind dann das Gerippe, innerhalb dessen es leicht ist, noch mehr und noch kleinere Details mit winkeltreuen Positionen einzutragen.

Aus dem Tatbestand folgt die Möglichkeit des Verständnisses der lunaren Gestaltungsvorgänge. Die Sachlage betrifft aber nicht allein Zahl, Maß und Gruppierung der Objekte, vielmehr dürften auch ihre jeweiligen

Eigentümlichkeiten zum Ausgange selenologischer Betrachtungen werden. Hier kommt man zu dem gleichen, etwas entmutigenden Schlusse, der bereits Schmidts ceterum censeo ausgemacht hat. Obwohl dem Mondinteressenten im allgemeinen ein Urteil, eine Meinungsäußerung, ein in der Entwicklung der Mondkunde geschätztes und dankbar entgegengenommenes Dafürhalten gern zugebilligt wird, so muß doch immer darauf verwiesen werden, daß man den Mond niemals, selbst nicht zu Zeiten hoher Vervollkommnung der mechanischen Bilderzeugung vornehmlich am Arbeitstische studieren kann, sondern daß das tiefere Eindringen in das Wesen der geheimnisvollen Hieroglyphen nur dem Beobachter des wirklichen Mondkörpers ermöglicht werden wird. Und wie vor drei Jahrzehnten, so beruht auch heute der Fortschritt in der lunaren Detailkenntnis leider wieder auf wenigen Augen. Schmidts berechtigte Äußerung gilt auch heute, daß nur einige wenige Personen „durch praktische Kenntnis befähigt" sind, in heikle Erörterungen einzutreten, und daß gewisse Entwickelungen, „wenn sie von Nichtbeobachtern herrühren, keine Beachtung finden" sollen (wenn wir auch nicht so radikal ablehnen möchten), daß sich ferner über allerhand Einflüsse „nur mit denjenigen verhandeln läßt, mit denen man sich auf demselben Boden der praktischen Erfahrung befindet". Die Nichtbeachtung dieser auf sehr langer Erfahrung beruhenden Aussprüche des größten Selenographen hat viel überflüssige Spekulationen, Debatten, und Mißverständnisse erzeugt, sie hat auch vielfach verhindert zuzugestehen, daß wir uns noch immer am Tore zum Tempel der Wahrheit befinden. Aber mehrere Anzeichen deuten darauf hin, daß es nur auf das allgemein zu empfindende Bedürfnis ankommt. Man wird sich in ganz kurzer Zeit von dem milden und immer heller strahlenden Scheine der Wahrheit innerhalb der Tempelmauern umflossen finden, wenn es an den Mitteln, die im Hinblick auf den Gewinn an Erkenntnis wahrlich gering sind, in absehbarer Zeit nicht mehr fehlen sollte.

Vorerst läßt sich Problemen, deren Behandlung auf Wege führt, die ihren Ausgang im Zeitalter der Entstehung lunarer Formen nahmen, nur auf statistischer Basis beikommen. Wer weitergehende Hoffnungen hegt, überspringt einen bedeutenden Teil der noch zu leistenden Beobachterarbeit und nimmt bereits vorweg, was noch zu begründen ist. Auch ein solcher Ausblick kann als Leitmotiv wertvolle Beihilfe leisten; ja es wäre verwunderlich, wenn gerade die hochinteressanten, sehr eng begrenzten Stellen zwischen Copernicus und Gambart *C* sowie am Fuße des großen Ringgebirges nicht auch die Phantasie zu Deutungen angeregt hätten, die, wenn sie noch so sehr der Bestätigung bedürfen, dennoch eine gewisse augenblickliche Befriedigung gewähren. Gesellen

wir zu diesen Spekulationen über die „dunkeln Flecken" im Bereiche unserer Region noch Prof. Pickerings phantasievolle Vorstellung von „Kanälen und Seen" auf dem Areale des angrenzenden Ringgebirges Eratosthenes hinzu, so haben wir gleich zweimal Ursache, zur Vorsicht zu mahnen. Weder ist es statthaft, bei jenen Flecken von Lavaergießungen zu fabulieren bevor genauere Ergebnisse über die Materie der Mondschale erzielt sind, noch darf man unter Beiseitesetzung aller bisherigen Erfahrungen von Wasseransammlungen sprechen, ohne darüber klar zu sein, welche Vorgänge physikalischer Natur das vorausgesetzte Wasser auf dem lufthüllenlosen Monde geschaffen haben. Dabei ist ganz unberücksichtigt gelassen, ob die beobachteten Erscheinungsformen überhaupt richtig aufgefaßt sind. Bis jetzt steht nur fest, daß eine Anzahl „Flecken" und die Pickeringschen Streifen (wenn auch in ganz anderer Form, als er sie zeichnete) vorhanden sind, und daß diese Flecken mit Erhöhungen in engem Zusammenhange stehen, während die „Kanäle" weiter nichts zu bedeuten haben als im Hellwerden etwas verzögerte Talsenken zwischen den Terrassen des Eratosthenes.

Über die noch zu erforschenden schwärzlichen Fleckchen läßt sich bereits einiges sagen. Es handelt sich dabei um ganz kleine, zwischen den hellen Streifen, die vom Copernicus ausgehen, zerstreut liegende Stellen von dunkler Färbung. Das größere von den zwei bekannt gewordenen Objekten liegt etwa 67 km im *NNO* vom Mittelpunkte des Kraters Gambart *C*. Dort befindet sich eine Doppelgrube, daneben eine gerade Folge von drei minimalen Grübchen, zusammen also eine Gruppe von fünf Gruben, und zwischen diesen liegt der Fleck, der in höherer Beleuchtung gar nicht zu verkennen ist. — Fast in der Mitte zwischen ihm und Gambart *C* liegt ein anderes gut begrenztes, dunkles Fleckchen, dasselbe, welches Schmidt nicht genau unterzubringen wußte. Heute ist es nun wohl an seinen bestimmten Platz gesetzt; was aber noch immer nicht gelingen wollte, ist die Entscheidung, ob ein plastisches Detail des Mondbodens mit diesem Fleckchen zusammenfällt oder nicht. Ein einziger Beobachter hat eine Zeichnung der Situation veröffentlicht und am *NO*-Rande des ovalen Fleckchens eine Grube angesetzt; da aber die ganz leicht zu erkennenden Kraterminima in der Nähe fast bis zur Unkenntlichkeit in Größe und Positionen verzeichnet sind, auch gewisse Kriterien mangeln, daß an fraglicher Stelle ein bisher vergeblich gesuchtes Detail wirklich nachgewiesen sei, so muß man die Frage noch offen lassen. Es wäre naiv, an der Wichtigkeit eines solchen Nachweises zweifeln zu wollen, denn alle Kenner stimmen darin überein, daß die dunkle Materie das Produkt eines Stoffergusses aus dem Innern sei. Man hat da im Alphonsus an mehreren Stellen und auch bei anderen Ringgebirgen Erfahrungen

wertvoller Art gemacht, die aber der Zahl der diesbezüglichen Situationen gegenüber noch sehr wenig umfangreich sind. Nun zeichnet sich das Fleckchen bei Gambart *C* durch gute Begrenzung und Dunkelheit aus und fordert geradezu eine Aufklärung seiner Herkunft und Vergesellschaftung. Nach des Verfassers seitherigen Beobachtungen liegt es in freier Ebene und hat östlich in ziemlich naher Nachbarschaft ein Hügelchen neben sich, das entweder eine Grube besitzt, oder sich gegen *S* in zwei feine Ausläufer gabelt. Das so bezeichnete Nachbarobjekt hat aber mit dem Fleck nichts zu tun. Eine Beobachtung des Verfassers vom 2. April 1906 hat es sehr wahrscheinlich gemacht, daß der letztere am Ostabhange eines unzweifelhaft vorhandenen, kleinen Hügels liegt. Zwischen den geschilderten Lokalitäten befindet sich eine dritte dunkle Stelle am Ostfuß der Bergader, und östlich der fünffachen Grube liegen sogar zwei Flecken, weiter östlich in dem düsteren Gehügel noch drei weitere und endlich südlich davon auf ziemlich ebenem Boden ein doppelter und ein einfacher rundlicher Fleck. Weiterhin dürfte der ansehnliche, von Schmidt zu derb gezeichnete Berg in 7,5^0 n. Br. und 15^0 ö. L. im Süden und besonders im Norden an seinem Fuße je eine eigenartige Schattierung aufweisen, während bei der Hügelgruppe 20 km südlicher zwei neue, getrennte Fleckchen zu sehen sind. Man sieht also, daß hier eine Reihe von Aufgaben für die Mondbeobachtung vorliegt, deren Bewältigung ebenso interessante wie nützliche Winke für das Wesen der lunaren Dinge geben könnte — und das alles auf einem Raume zusammengedrängt, der noch nicht so groß ist als das Areal des Copernicuswalles. Das schon zitierte, für selenographische Zwecke wünschenswerte Fernrohr hätte also reichlich Arbeit.

Das größte Objekt der geschilderten Art, ein fast kreisrunder Fleck von etwa 14 km Durchmesser, umgibt den deutlichen Krater m im *SW* des Copernicus, fast 90 km von dessen Mitte entfernt. Die Sache sieht wenigstens auf den ersten Blick so aus. Hat man aber genauere Kenntnis, so wird das Objekt ebenso kompliziert wie die vorerwähnte fünffache Grube oder der dreieckige Alphonsus-Fleck. Der Ort ist eine flache Senke, die im *NW* von einer flachen Bergader umfangen ist. Innerhalb des grauschwarzen Kreises liegt dicht bei m gegen *SW* ein zweiter, etwas kleinerer, aber sehr flacher Krater, gegen *NO* eine sehr kleine Grube, gegen *N* eine weitere, gegen *SW* liegen zwei weitere Gruben, alle vier letzteren gleich unscheinbar. Nur im *SO*-Halbkreise des Flecks hat sich bisher kein Detail gezeigt. So hätten wir denn als deutlichsten Fleck ein Gebilde mit sechs Kraterformen, gewiß eine wesentliche Stütze für die Anschauung, daß der Hauptkrater hier, wie wohl auch in anderen Fällen, die Quelle der Ereignisse bildet, welche die nahe Umgebung dunkel

färbte. Wie die Doppelgrube der fünffachen Gruppe und wie der Krater im Flecke des Mare nectaris, so bleibt auch das Innere des Kraters m weiß und sticht in allen Beleuchtungen aus der düsteren Umgebung grell hervor. Die Materie ist dort also je nach Umständen stark oder fast gar nicht reflexionsfähig.

Noch eine Stelle sei erwähnt, wo die Situation verblüffend ähnlich gestaltet ist. Dem Krater m fast diametral gegenüber und etwas näher als dieser bei Copernicus befindet sich ein Halbzirkel, der genau am Fuße der Vorhöhen oder Ausläufer des Walles liegt. Wahrscheinlich hat er in seinem Hintergrunde eine halbe Grube; sicher aber enthält die Mitte des runden Fleckes ein helles Kraterchen. Das Halbrund ist bei Schmidt als ein Krater gezeichnet, eine Gestalt, die sicher irrig angegeben ist. Die Tönung ist bei keinem Selenographen angedeutet, ein Beweis, daß das Bedürfnis des Studiums solcher Formen noch jung ist. Der nächsten Zukunft gehört die Erledigung dieser Arbeit.

Inmitten der lunaren Herrlichkeiten en miniature liegt ein recht großes Mondwunder von nahe 60 km Durchmesser, aber ungemein niedriger Umwallung: die mehrfach genannte Kraterruine Stadius, vielleicht das Überbleibsel einer eingesunkenen und überfluteten Formation. Nennt man das Gebilde, wie man will, immer begreift man Bildungsvorgänge ein, die in ihrer Weise gerade hier denkbar waren, aber leider noch nicht an zahlreichen anderen Objekten ihre Stichprobe ausgehalten haben. Man muß dieses unscheinbare, aller Kraft der Modellierung und Charakteristik bare Flachrelief, diese neben dem überplastisch erscheinenden Copernicus wie ein blasses Schattenbild bescheiden im Hintergrunde der lebensvollen Umgebung liegende Ruine in der Beleuchtung des neunten Mondtages gesehen haben, um des Rätsels vollen Inhalt zu umfassen. Es ist so, als ob die Natur in dieser Region des Mondes alle Gegenstände und Übergänge von den härtesten bis zu den weichsten Zügen, von den größten bis zu den kleinsten Individuen, von der Einheit des die Situation beherrschenden Riesenkessels bis zur Überzahl der nichtigen Grübchen, von dem blendenden Spiegel der weißen Ebene bis zur grauen Düsterheit des rauhen Bodens und zum winzigen schwärzlichen Fleck hätte vereinigen wollen, um auf kleinem Raume alles vorzuführen, wodurch das Auge entzückt und verwirrt, der Sinn und die Phantasie zur Arbeit angeregt und zur Resignation gezwungen wird.

Die drei klassischen Dokumente der älteren Mondtopographie, sind neben der neuen Karte des Verfassers vom 8- bzw. 4fachen Maßstabe und der neuen Yerkes-Photographie wohl geeignete Mittel zur Prüfung des jeweils überlieferten und des tatsächlichen Befundes. Da Mädler und Lohrmann

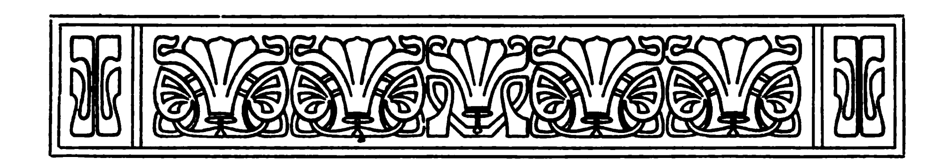
ziemlich gleichzeitig gearbeitet haben, so ist auch anzunehmen, daß während ihrer Epoche die gleiche Art und Zahl von Gegenständen sichtbar war. Wenn die äußerlich so verschieden anmutenden Karten dieser Forscher auch inhaltlich voneinander abweichen, so waren die Fernrohre, zum Teil auch die persönlichen Auffassungen daran schuld. Solche Unterschiede bestehen. Lohrmann hat z. B. in dem Gehügel im *ONO* von Gambart *C* vier Gruben, die Mädler nicht angibt. Allerdings dürften es nur zwei sein, von denen die östliche viel zu groß gezeichnet ist. Dagegen ist verwunderlich, daß beide Autoren den Krater in 4° n. Br. und 15° L. angeben, seinen gleich großen Nachbarn in 36 km Entfernung aber nur als Berg. Das Objekt war ganz gewiß auch vor 80 und 70 Jahren ein Krater. Auch Schmidt hat gelegentlich unvollkommen gesehen. Überhaupt ist seine „Charte der Gebirge des Mondes" an der besprochenen Stelle recht mangelhaft. Wohl kann man durch Verschiebung des Details um etwa 30 km (!) eine gewisse Verbesserung erzielen, aber immer bleibt für einen dritten (den zweitgrößten) Krater keine Verwendung, denn er existiert gar nicht. Hier ist also ein 3 km großes Objekt überzählig; ferner sind am Fuße der leicht sichtbaren, trapezförmig angeordneten Berggruppe mit dem Mädlerschen Krater c (Lohrmann „4") mindestens 11 Krater oder Gruben fälschlich eingezeichnet worden, darunter solche von 3, 5 und 6 km Größe. Nördlich von der oben erwähnten fünffachen Grube mit dem dunkeln Fleck ist gleichfalls eine Grube von etwa 3 km Größe illusorisch, und endlich ist der Krater in 7,3° n. Br. nach 6,7° n. Br. 15 km weit zu verschieben. Ebenso existiert ein großer Berg nicht, der in 8° n. Br. und 16,3° L. angegeben ist. Alle diese Abweichungen der besten Karte von der Wirklichkeit betreffen eine Gegend, welche den Berufsselenographen wie den astronomischen Liebhaber von jeher angezogen hat, die also offenbar ausgiebig untersucht worden ist. Damit ist klar erwiesen, daß es eine schwierige und unsichere Sache ist, wenn man auf Grund der älteren Karten und ihrer individuellen Darstellungsweise auf etwa geschehene physikalische Änderungen Schlüsse ziehen will. Nun liegen aber gerade die selenologisch wichtigen Fleckenörter in dieser Region, wo Irrtümer und Verzeichnungen in ungewöhnlich großer Zahl vorkommen und daraus wird Schmidts Zugeständnis erklärlich, daß er das kleine, gut begrenzte Fleckchen nicht unterzubringen wisse. Man wird auch des Verfassers Absicht verstehen, gerade die Copernicus-Region einer gründlichen Neubearbeitung zu unterziehen.

Das komplizierte Werk ist gelungen; man kann heute sagen, daß jetzt alle Mittel an die Hand gegeben sind, zukünftige Entdeckungen zweifellos sicher zu orientieren. Die Ergänzung hierzu: die Überwachung der Verfärbungen des Mondbodens, ja die Mappierung der Lichttöne überhaupt,

eine Riesenarbeit für sich, steht noch aus. Der Verfasser würde es für Zeitverschwendung halten, auch diese Aufgabe mit dem ihm bisher verfügbaren Objektive zu lösen. Sobald aber der 6-Zöller und das demnächst in Benützung zu nehmende 190 mm-Objektiv einmal durch einen großen Refraktor ersetzt werden könnten, wäre die Lösung der ganzen Serie von Problemen nur eine Frage weniger Jahre.

Die vorstehenden Ausführungen über die Perle unter den lunaren Gebirgsformen können nicht erschöpfend sein. Was die Bildungsvorgänge auf dem Monde betrifft, so wird es so lange geraten sein, derartige entwicklungstheoretische Überlegungen zurückzuhalten, bis einmal das Studium der Helligkeitsverhältnisse in Fluß gekommen ist. Die Anfänge dazu mögen als Normen dienen; im übrigen ist aber noch alles zu tun. Sollte jedoch hierin einmal ein wesentlicher Fortschritt erzielt sein, so wird Verfasser bezüglich des Materials, „dessen Beurteilung ohnehin nur wenigen Kennern zusteht", nach dem anderen Grundsatze des großen Altmeisters J. F. Julius Schmidt gleichfalls annehmen, „daß jeder dazu berechtigt sei, das Ergebnis eigener Forschung in irgend einer Form darzulegen, die ihm selbst und in diesem Falle einer sehr geringen Zahl von Kennern zweckmäßig und ausführbar erscheint". Wird aber der bisher seit einem Jahrhundert gewahrte deutsch-nationale Charakter der Selenographie durch Opferwilligkeit von außen her, ohne welche ein Fortschritt unmöglich ist, auch ferner gewahrt bleiben?





Gesellige Vereinigungen bei Urtierchen.

Von Dr. C. Thesing in Berlin.

Für die Entwicklung der biologischen Forschung war zweifellos eine der bedeutsamsten Entdeckungen die Erkenntnis, daß der Körper der höheren Tiere und Pflanzen im strengen Sinne kein einheitlicher Organismus sei, sondern sich vielmehr aus einer ungeheueren Anzahl winziger, einander gleichwertiger Elementarorganismen aufbaue, die wir gewöhnlich als Zellen bezeichnen. Jedes höhere Lebewesen stellt gewissermaßen einen Zellenstaat dar. Wie nun in einem menschlichen Staatswesen die einzelnen Bürger nicht alle gleich sind und sehr verschiedenartigen Tätigkeiten nachgehen, so auch hier. Jeder der zahllosen Zellenbürger hat seinen ganz bestimmten Anteil an der Gesamtarbeit des Organismus; einige stehen im Dienste der Atmung, der Verdauung, der Sekretion etc., andere vermitteln die Sinneseindrücke oder besorgen die Bewegung, Fortpflanzung etc. Natürlich entspricht den so außerordentlich verschiedenen Leistungen auch ein sehr differentes Aussehen der einzelnen Zellen, ja ein Unbefangener würde bei einer oberflächlichen Vergleichung der mannigfaltigen Zellarten nur Trennendes sehen. So verschiedenartig die Zellen aber auch immer gestaltet sein mögen, eins haben doch alle miteinander gemein, das ist die Zusammensetzung ihres Körpers aus zwei Substanzen, dem Zelleibe oder Protoplasma und dem Zellkerne oder Nukleus. Die großen Unterschiede, welche einem zuerst auffallen, beruhen lediglich auf einer weitgehenden Differenzierungsfähigkeit des Protoplasmas. Entsprechend den erwachsenden Aufgaben schreitet der Zelleib nämlich zur Ausscheidung und Bildung besonderer Organellen, wie man die Zellorgane im Gegensatz zu den aus zahlreichen Zellen bestehenden Organen eines höheren Lebewesens nennt. Die Ganglienzellen bilden z. B. lange Fortsätze zur Weiterleitung der Reizempfindungen, die Epithelzellen der Körperoberfläche scheiden an ihrer Außenseite eine feste schützende Cuticula aus oder entwickeln sich zu einem

Flimmerepithel; bei den männlichen Geschlechtszellen der meisten Tiere bildet sich die Hauptmasse des Protoplasmas zu einer langen Geißel um, die den Samenfäden eine sichere, gewandte Fortbewegung und das Aufsuchen der Eizelle ermöglichten. Doch wir können hier nicht näher auf alle weiteren Möglichkeiten eingehen.

Außer den höheren, vielzelligen Lebewesen hat uns die Wissenschaft ein ganzes Heer größtenteils mikroskopisch kleiner Tiere kennen gelehrt, deren Körper nur aus einer einzigen, selbständig lebenden Zelle besteht. Es sind das die sogenannten Urtierchen oder Protozoen. Natürlich muß bei diesen einfachsten Geschöpfen die eine Zelle alle zum Leben notwendigen Arbeiten selbst verrichten und kann sich nicht auf die Mithilfe von Genossen verlassen. Sie muß gewissermaßen gleichzeitig Mund und Darm, Respirationsorgan und Niere, Sinnesorgan und Keimdrüse sein. Wie aber ein Mensch, der als ein zweiter Robinson auf sich allein angewiesen für alle seine Bedürfnisse selbst zu sorgen gezwungen wäre, infolge der Zersplitterung seiner Kräfte in keinem Fache etwas wirklich Hervorragendes zu leisten vermöchte und sich nie über eine recht primitive Kulturstufe erheben könnte, so ist auch die Entwicklung der einzelligen Organismen eine verhältnismäßig beschränkte, denn die Möglichkeit einer Arbeitsteilung ist nur eine geringe. Auf strenger Durchführung einer Arbeitsteilung beruhen aber nicht nur alle Fortschritte der Technik und Kultur bei uns Menschen, sondern auch die Höherentwicklung der organischen Welt. Es ist nun von Interesse zu sehen, wie bei zahlreichen Urtierchen sich die Tendenz zur Koloniebildung zu einem mehr oder weniger festen Zusammenschluß mehrerer Individuen bemerkbar macht. In vielen Fällen vermögen wir freilich den Vorteil, der den Tieren aus solchen Vereinigungen erwächst, nicht recht einzusehen, in anderen Fällen jedoch, besonders wenn gleichzeitig eine Teilung der Arbeit bei den zur Koloniebildung schreitenden Protozoen stattgreift, wird der Nutzen evident. Was diese einfachsten sozialen Verbände noch besonders bemerkenswert macht, ist der Umstand, daß sie uns einen Fingerzeig geben, in welcher Weise sich die stammesgeschichtliche Umwandlung der Einzeller zu höheren Tieren vollzogen haben mag. Im folgenden wollen wir nun die wichtigsten dieser Bündnisformen kennen lernen.

Es ist bekannt, daß die Urtierchen sich im allgemeinen durch Teilung oder Sprossung fortpflanzen. Gewöhnlich trennen sich die so entstandenen jungen Individuen vollständig voneinander; jedes geht seinen eigenen Weg, kümmert sich nur um sein persönliches Wohlergehen, frißt und wächst allmählich zur Größe des Muttertieres heran, um dann wieder gleich diesem zu neuer Vervielfältigung zu schreiten. Bei manchen Urtierchenarten kommt es jedoch vor, daß die Durchschnürung der beiden

Tochterindividuen keine vollständige ist, sondern die beiden Tiere mittels einer Plasmabrücke, eines feinen Stieles etc. auch nach beendeter Teilung noch miteinander in Beziehung bleiben. Es kommt zur Bildung einer aus zwei Bürgern bestehenden Kolonie, und indem sich dieser Vorgang der unvollkommenen Teilung mehrfach hintereinander wiederholt, können große und individuenreiche Genossenschaften entstehen. Doch die Betrachtung einiger konkreter Beispiele wird das Gesamte anschaulicher machen.

Wer kennt nicht die zierlichen Glockentierchen, die in zahlreichen Arten unsere Teiche und Pfützen bevölkern. In jedem Süßwasseraquarium kann man sie von Zeit zu Zeit finden. Ja bisweilen bilden sie infolge ihrer starken Vermehrung eine wahre Plage. Beziehen sie dann doch wie mit einem dichten Schimmel nicht nur die Blätter und Wurzeln der Wasserpflanzen, sondern heften sich sogar auf dem Panzer der kleinen Krebstierchen, auf den Schalen der Schnecken und Muscheln und dem Körper der Fische fest. Die eigentlichen Glockentierchen, Vorticellen, sind Einsiedler und schreiten nicht zur Koloniebildung, wohl aber zahlreiche andere aus ihrer nächsten Verwandtschaft; ich nenne da nur Epistylis, Carchesium, Ophrydium etc. Da die Glockentierchen für Protozoen eine ziemlich bedeutende Größe besitzen, so genügen schon schwache Vergrößerungen, um uns einen Einblick in ihre Organisation zu gewähren. Wir sehen dann — auf die feineren Bauverhältnisse wollen wir hier nicht eingehen — daß der Plasmaleib sich in den eigentlichen Zellkörper, der die Kerne und alle wichtigen Zellorganellen umschließt, und einen Stiel gesondert hat, mit dem die Tiere auf ihrer Unterlage festgewachsen sind. Bei Vorticella und Carchesium wird dieser Stiel von einem kräftigen Muskel der Länge nach durchzogen, der es den Tieren ermöglicht, sich bei Beunruhigung plötzlich zurückzuziehen. Bei den Vorticellen ist die Teilung der Tiere während der Fortpflanzung immer eine vollständige, und daher finden wir sie, wie wir schon hörten, stets vereinzelt. Anders bei Carchesium etc.! Bei diesen teilt sich lediglich der eigentliche Zelleib, während die jungen Tiere mittels der Stiele vereinigt bleiben. So entstehen bisweilen Stöcke, die aus mehreren Hundert Einzeltieren bestehen. Alle Bürger dieser primitiven Tierstaaten sind aber noch einander vollkommen gleich, alle besitzen noch sämtliche zum Leben notwendigen Eigenschaften, und jeder sorgt nur für seine Bedürfnisse. Zu einer eigentlichen Arbeitsteilung ist es bei ihnen noch nicht gekommen. Nur bei Epistylis finden wir einen Ansatz dazu gemacht. Zu gewissen Zeiten sieht man nämlich, wie einige Angehörige einer Epistyliskolonie sich sehr rasch hintereinander mehrmals teilen, ohne daß die kleinen, so entstandenen Teilstücke Zeit fänden, den Größenverlust durch entsprechendes Wachs-

tum auszugleichen. So entstehen kleine Individuen, die sogenannten Mikrosporen. Abgesehen von ihrer Größe unterscheiden sich die Mikrosporen auch durch manche Eigentümlichkeiten in ihrem Bau und in der weiteren Lebensweise von den normalen Epistylisindividuen, die man wohl auch als Makrosporen bezeichnet. Um die Bedeutung der Mikrosporen verständlich zu machen, muß ich daran erinnern, daß bei vielen Protozoen und vorzüglich bei den Wimperinfusorien, zu denen unter anderen auch die Glockentiere gehören, der Fortpflanzung durch Teilung bisweilen ein Geschlechtsakt voranzugehen pflegt. Es scheint nämlich, daß fortgesetzte ungeschlechtliche Vermehrung mit der Zeit zu einer degenerativen Entartung führt, die aber durch einen Konjugations- oder Befruchtungsvorgang oder mit anderen Worten durch eine Qualitätenmischung zweier verschiedener Individuen hintenangehalten werden kann. Die Konjugation besteht entweder darin, daß zwei Tiere und zwar sowohl ihr Protoplasmaleib wie die Kerne dauernd miteinander verschmelzen, oder daß sie sich nur vorübergehend vereinigen und ihre Kernsubstanz miteinander austauschen. Bemerkt muß dabei noch werden, daß die konjugierenden Tiere im allgemeinen nicht blutsverwandt sein, also nicht von demselben Muttertiere abstammen dürfen. Bei festsitzenden Formen ist natürlich unter diesen Umständen eine Befruchtung sehr erschwert, ja sie wird in vielen Fällen sogar zur Unmöglichkeit. Diesem Übelstande wird nun durch die Ausbildung von Mikrosporen, die wir im Vergleich mit den Verhältnissen bei höheren Tieren den männlichen Geschlechtszellen gleichsetzen können, gesteuert. Die Mikrosporen von Epistylis lösen sich nämlich bald von dem Mutterstocke los, schwärmen einige Zeit frei im Wasser umher, bis sie so glücklich sind, auf eine andere Kolonie ihrer Art zu stoßen. Hier legen sie sich sofort an eine der Makrosporen an und verschmelzen mit ihr, wodurch diese wieder zu einer neuen Fortpflanzungsperiode befähigt wird. Eine gewisse Arbeitsteilung ist also auch bereits bei manchen Glockentierchen zu konstatieren.

In etwas anderer Weise, als wir es hier kennen lernten, geht bei Ophrydium die Entstehung der Kolonien von statten, und in gewissem Sinne stellen die Verhältnisse hier bereits einen Fortschritt dar, indem die Zellenbürger sich schon zu gemeinsamer Arbeit vereinigen. Der Wohnort der Ophrydien sind Binnenseen oder größere Teiche. Die knollenförmigen Kolonien bestehen oft aus einer ganz ungeheueren Zahl von Individuen und können einen Durchmesser von ca. zehn Zentimetern erreichen. Auch bei ihnen sitzen die Einzeltiere an dünnen, sich allseitig verzweigenden Stielen. Außer dieser Verbindung scheiden die Tiere aber um sich noch in gemeinsamer Arbeit eine Gallertmasse aus, in der sie tief eingebettet liegen, so daß nur die Plasmaleiber mit dem Zellmunde

an der Oberfläche etwas hervorragen. Ursprünglich sind auch diese Kolonien auf einer Unterlage festgewachsen. Häufig jedoch treten im Innern der Gallerte Luftblasen auf, die zur Loslösung des Ophrydienstockes führen und ihn an die Oberfläche des Wohngewässers tragen. Es ist kein seltener Anblick, solche Kolonnen hier flottierend anzutreffen. Auch diese Genossenschaften werden in der Regel von einem Tiere gegründet; dann kann es aber geschehen, daß zwei oder mehrere benachbarte Stöcke zu einem einheitlichen Gebilde verwachsen.

Auch bei zahlreichen Geißelinfusorien beobachtet man Koloniebildung, und wieder findet man bei ihnen bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Wir wollen hier nur wenige typische Fälle herausgreifen. Bei den Gattungen Synura und Synkrypta geht die Koloniebildung von freischwimmenden Einzeltieren aus und führt auch zur Entstehung freischwimmender Verbände. Die Einzelindividuen sind radial angeordnet und stehen im Mittelpunkte durch ihre stielförmig ausgezogenen Hinterteile in Verbindung. Ja bei Synkrypta wird der Zusammenhang infolge Ausscheidung eines gemeinsamen Gallertmantels noch inniger. Die Fortbewegung der Kolonien erfolgt durch schlagende Bewegung der Geißeln der Einzeltiere. Die Zahl der so vereinigten Individuen ist eine sehr schwankende, gewöhnlich geht sie über 30 bis 40 nicht heraus, doch wurden auch schon Kolonien von ca. 300 Personen beschrieben. Auch bei Uroglena finden sich ähnliche freischwimmende Kolonien, nur scheinen bei dieser Form die Einzeltiere in keiner organischen Verbindung mit einander zu stehen, sondern lediglich durch eine gemeinsame Gallerthülle zusammengehalten zu werden. Bemerkenswert erscheint es, und es spricht das für eine verhältnismäßige individuelle Selbständigkeit der Kolonien, daß manche der besprochenen Verbände sich im Koloniezustand durch Zweiteilung fortzupflanzen vermögen, sich in diesem Punkte also wie ein einheitlicher Organismus verhalten.

Zahlreiche Flagellaten haben die Gewohnheit angenommen, ihren Körper mit einer schützenden Hülle zu umgeben, die entweder aus Gallerten oder aus chitinähnlichem, häutigen Material bestehen kann. Als Beispiel wollen wir Dinobryon, eine freischwimmende Form aus dem süßen Wasser Europas und Nordamerikas, wählen. Die häutigen Gehäuse haben etwa die Gestalt eines hohen Weinkelches mit langausgezogenem stielförmigen Hinterende. In ihnen wohnt das Tierchen, und nur die lange Hauptgeißel ragt zur Kelchöffnung heraus. Im Innern des Gehäuses findet auch die Teilung statt. Während aber das eine Tochterindividuum im Grunde der Wohnung verharrt, wandert das andere heraus und heftet sich mit seinem hinteren Körperende an der Innenseite des oberen Becherrandes fest. Ist das geschehen, dann macht sich das Tierchen sofort daran,

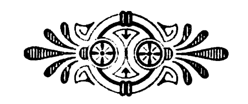
ein neues Gehäuse zu bauen. Durch mehrfache Wiederholung dieses Vorganges können ausgedehnte, recht eigentümlich gestaltete Verbände entstehen. Bisweilen nehmen die Wohnhäuser der koloniebildenden Flagellaten sehr zierliche Formen an. So hat beispielsweise das Gehäuse von Rhipidodendron die Gestalt eines breiten Fächers. Der Grundstock zu diesem Bau besteht in einer einfachen, von einem Individuum bewohnten Gallertröhre. Doch nicht lange währt dieser Zustand; bald schreitet das Tierchen zur Vermehrung, und gleichzeitig verzweigt sich die Gallertröhre dichotomisch. Die einzelnen Zweige nun, die von je einem Rhipidodendron-Individuum bewohnt werden, ordnen sich in regelmäßiger Weise in einer Lage an und verschmelzen zu einem Fächer, der dann allerdings bei weiterem Wachstum sich in zahlreiche Fächerlappen spalten kann.

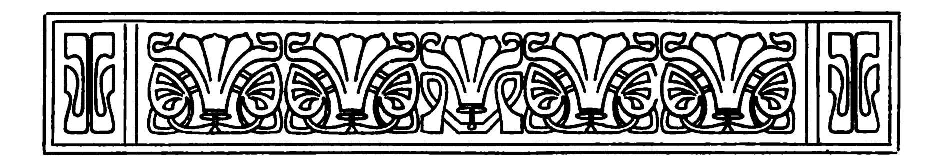
Endlich seien noch als letztes Beispiel für diese Art der Koloniebildung die Radiolarien erwähnt; auch bei ihnen kann zuweilen unvollständige Teilung die Entstehung größerer Genossenschaften veranlassen. Der Körper der Radiolarien gliedert sich bekanntlich in zwei Teile, in das schaumige Außenplasma und das feinkörnige Innenplasma, das den Kern umschließt. Beide Plasmaarten werden durch eine poröse, häutige Hülle, die sogenannte Zentralkapsel, voneinander geschieden. Normalerweise pflanzen sich die Radiolarien durch Sporenbildung fort, d. h. der Kern zerlegt sich bei ihnen in zahlreiche Teilstücke, um die sich ebenfalls eine geringe Menge Protoplasma abgliedert. Die so entstandenen kleinen Gebilde, die Sporen, versehen sich dann noch mit Geißeln, werden endlich durch Platzen der Zentralkapsel frei und entwickeln sich wahrscheinlich — sichere Beobachtungen fehlen noch darüber — entweder direkt oder nach vorangegangenem Konjugationsakt zu den fertigen Tieren. Bei manchen Radiolarien jedoch, namentlich bei den Phäodarien, bei Collozoum etc., geht die Fortpflanzung unter Teilung der Zentralkapseln von statten, die aber durch das extrakapsuläre Protoplasma vereinigt bleiben. So viele Zentralkapseln in einer gemeinsamen Sarcodemasse vorhanden sind, aus so vielen Personen besteht die Kolonie.

Auffallender noch als die Koloniebildung infolge unvollständiger Teilung ist die Entstehung solcher Genossenschaften durch Zusammenschluß ursprünglich vereinzelter Tiere, da man hier unwillkürlich den Eindruck eines intelligenten Verhaltens empfängt. Seit langem ist es bekannt, daß manche Gregarinen, die als Schmarotzer zahlreicher niederer Tiere in weiter Verbreitung vorkommen, die Gewohnheit haben, sich zu langen, bisweilen verzweigten Ketten von zwei bis fünfzig Tieren hintereinander zu reihen. Die biologische Bedeutung dieser Vorgänge ist nicht recht zu verstehen. Bei vielen Gregarinen geht der Vermehrung ein ähnlicher Zusammenschluß je zweier Tiere voraus, die sich dann mit einer

gemeinsamen Hülle, einer sogenannten Cyste, umgeben und in diesem Zustande entweder jedes für sich oder nach vorhergegangener Verschmelzung (?) vielfach teilen. Auch bei den zu den Dinoflagellaten gehörenden Ceratien wird die Bildung von Tierketten beobachtet.

In anderen Fällen ist der Zweck der Vereinigungen sofort klar; es handelt sich dann um die Bildung von Freßgesellschaften, die es den betreffenden Protozoen ermöglichen, Beutetiere, die ihnen an Kraft und Schnelligkeit weit überlegen sind, einzufangen und zu überwältigen. Ähnliche Erscheinungen wurden bei Protomonas, Protomyxa, Vampyrella und bei Sonnentierchen (Heliozoen) mehrfach beobachtet. Namentlich bei einem Sonnentierchen, dem zierlichen Aktinosphärium, verläuft die Bildung solcher Freßgemeinschaften sehr originell. So berichtet Johnson, daß Aktinosphärien als einzige Nahrung kleine Wasserflöhe (Daphniden) in einem Wasserglase vorgefunden hätten. Da die kleinen Krebschen den Protozoen viel zu groß und stark waren, wären sie einfach dem Hungertode ausgesetzt gewesen, hätte sich ihnen nicht der angedeutete Ausweg geboten. Mehrere Sonnentierchen, die sich treffen, verschmelzen zuerst mit ihren dünnen, protoplasmatischen Scheinfüßchen und kreisen so einen der Wasserflöhe ein. Wie bei einem Kesseltreiben die Jäger, so rücken die kleinen Räuber näher und näher auf ihr Opfer zu. Die Verschmelzung der Scheinfüßchen geht weiter, der Kreis wird immer enger, und endlich vereinigen sich auch die Zellleiber zu einer einzigen Plasmamasse, in deren Mitte der kleine Krebs unentrinnbar eingebettet liegt. Gemeinsam vollzieht sich nun die Verdauung, und erst wenn die Mahlzeit beendet ist, trennen sich die Aktinosphärien wieder, bis sie vielleicht ein Zufall an einer anderen Stelle von neuem zusammenführt und derselbe Vorgang sich hier wiederholt.





Die sizilische Erdbebenkatastrophe vom 10. und 11. Januar 1693.

Nach einem in Vergessenheit geratenen zeitgenössischen Bericht
von **Wilhelm Krebs** in Großflottbek.

Unter dem 7. und 21. Januar und dem 17. Februar 1907 sowie in letzter Zeit sind aus dem Ätnagebiet Siziliens Anzeichen gemeldet, die auf das Bevorstehen einer neuen Vulkankatastrophe gedeutet werden. Aus mehr als einem Grunde ist ihnen besondere Beachtung beizumessen.

Seit den Untersuchungen des Göttinger Geologen W. Sartorius von Waltershausen gilt der Ätna als alter Vulkan. Sein Alter wurde auf 44 oder 88 Jahrtausende geschätzt und trat funktionell in einer Abnahme der Ausbruchstätigkeit, jedenfalls des Gipfelkraters, entgegen. Es wurde von Sartorius und dem Herausgeber seines Ätnawerkes, von A. von Lasaulx, aus der säkularen Hebung des Ätnagebietes, erklärt die die Lavaergüsse aus statischen Gründen in ein immer tieferes, zuletzt untermeerisches Niveau verlegen müsse. Die Art einer neuen Katastrophe im Ätnagebiete, ob Vulkanausbruch oder Erdbeben, ist deshalb von besonders großem wissenschaftlichen Interesse.

Ferner ist es auffallend, daß die oben erwähnten Symptome in engem zeitlichen Anschluß an die Erdbeben vom 14. Januar 1907 und vorher vom 13. November, wahrscheinlich auch vom 15. Dezember 1906 auf und bei Jamaika hervorgetreten sind. Die schwerste Erdbebenkatastrophe des Ätnagebietes, die nicht allein ganz Sizilien, sondern auch Süd- und Mittelitalien in Mitleidenschaft zog, schloß sich nämlich ebenso auffallend an das vorhergehende, noch schwerere Erdbeben auf Jamaika an. Dem Erdbeben, das auf dieser Insel am 7. Juni 1692 die frühere Hauptstadt Port Royal zerstörte, folgten am 10. und 11. Januar 1693, also wenig mehr als sieben Monate später, die Erdbeben von Katania, dieser vom Ätna viel heimgesuchten, am Südfuße dieses Feuerberges liegenden Stadt.

Von dieser ungemein verheerenden Katastrophe liegen verschiedene Schilderungen vor, in denen die Verlustangaben zwischen 50000 und 100000 Menschenleben schwanken. Ein Bericht, dessen besondere Zuverlässigkeit dadurch verbürgt erscheint, daß er von dem päpstlichen Leibarzt Marcellus Malpighi, dem bekannten Anatomen, der Royal Society in London mitgeteilt und in den Philosophical Transactions vom Januar 1694 veröffentlicht wurde, ist offenbar in Vergessenheit geraten. Vor achtzig Jahren ist er zwar in dem Sammelwerke von K. E. A. von Hoff, „Geschichte der Erdoberfläche" noch zitiert, aber das große Ätnawerk von W. Sartorius von Waltershausen und A. von Lasaulx führt ihn unter seinen umfassenden Literaturangaben über die Erdbeben und Eruption von 1693 nicht auf. Das ist um so mehr zu bedauern, als der Bericht Angaben enthält, die geeignet sind, über die Größe und das Wesen dieses Ätnaausbruches einiges Licht zu verbreiten.

Der Verfasser jenes interessanten Berichtes ist der sizilianische Edelmann Vincentius Bonajutus. Im folgenden sind die wichtigsten Teile aus demselben ausgewählt und übersetzt.

„Die fortgesetzten feurigen Ausbrüche des Ätna sind für die wahrscheinlichsten Ursachen der schrecklichen Beben gehalten worden, die von Zeit zu Zeit die Insel Sizilien verwüstet haben. Das ist ausgesprochen von Fazello in Buch 10, Kapitel 4, der ersten und in Buch 10 der letzten Dekade. Dort erwähnt er das Erdbeben des Jahres 1542, das am 10. Dezember gegen 3 Uhr die ganze Insel erschütterte und besonders Val di Noto, Syrakus, Lentini, Sortini, Mililli, Katania, Agosta, Noto, Kaltagirone, Militello, kurz dieselben Städte und Schlösser erschütterte, welche von den beiden letzten heftigen Erdbeben des gegenwärtigen Jahres 1693 jammervoll verheert wurden.

Das erste trat um 5 Uhr in der dem 9. Januar folgenden Nacht ein. Seine Bewegung gehörte in die von Aristoteles und Plinius unterschiedene erste Art. Sie wird von ihnen dem Schüttelfrost eines Fiebers verglichen, indem sie die Erde von einer Seite zur andern erschüttert. Bei diesem ersten Beben wurden die Gebäude des Gebiets umgestürzt, besonders einige hohe und stark gebaute Türme. Unter anderen wurde ein großer Teil der Stadt Katania und viele Gebäude in Val di Noto zerstört. Syrakus wurde ebenfalls stark erschüttert, jedoch nicht zerstört. Diesem Beben ging nicht eine Verfinsterung der Luft voraus, sondern schönes, heiteres und warmes Wetter, das um so bemerkenswerter war, als es zu dieser Jahreszeit ungewöhnlich ist. Doch war es nicht übermäßig warm.

Leute, die am vorhergehenden Abend im Lande reisten, beobachteten eine rätselhafte Flamme oder Lichterscheinung in etwa einer italienischen

Meile Entfernung (1855 m). Sie war so hell, daß sie sie für ein wirkliches Feuer hielten, angelegt von Landleuten. Aber auch wenn sie direkt darauf loshielten, schien sie doch in derselben Entfernung zu bleiben.[1]) Während die Leute diese Erscheinung betrachteten, begann das Erdbeben, das vor allem den Pferden, auf denen sie ritten, empfindlich war. Diese wurden scheu. Die Bäume gerieten sämtlich ins Wanken. Als die erschreckten Reisenden nach der eben noch gesehenen Lichterscheinung blickten, war diese verschwunden.

Als wir nach dem Meere zurückkamen, bemerkten wir, daß die Wellen, die vor dem Stoße nur leise an den Strand rauschten, jetzt einen furchtbaren Lärm machten.

Am nächsten Tage, dem 10., und Nacht und Tag danach, war die Luft von Finsternis beschattet und tief gelb gefärbt. Die verdunkelte Sonne brachte die niederschlagende Ahnung eines bevorstehenden Erdbebens. Dieses war das zweite. Es ereignete sich am 11. Januar gegen 11 Uhr und dauerte vier Minuten. Es gehörte der andern Art an, die Aristoteles und Plinius einen Pulsschlag nennen, wegen der Ähnlichkeit mit dem Schlagen einer Arterie. Es war ein senkrechtes Aufprallen des Bodens. Dieser schreckliche und grauenhafte Stoß betraf ganz Sizilien auf einmal; sein Einsetzen war so heftig und machtvoll, daß nicht allein viele städtische und ländliche Gebiete des Königreiches Neapel, sondern auch die Insel Malta unter dem Wüten der Elemente mitzuleiden hatten. In unserem Lande war es unmöglich, auf den Beinen oder an einer Stelle der bewegten Erde zu bleiben. Leute, die am Boden lagen, wurden wie rollende Bälle von einer Seite auf die andere gestoßen.

An offenen Stellen sank das Meer beträchtlich, in gleichem Verhältnis auch innerhalb der Häfen und geschützten Buchten; das Wasser brauste längs der ganzen Küste auf.

Die Erde öffnete sich in weithin ausgedehnten Spalten. Einige waren handbreit, andere halbhandbreit, andere waren große Schluchten. Aus den Spalten, die sich in den Tälern bildeten, sprudelte Wasser und überschwemmte weite Gebiete. In der Nähe hatte es einen merkbaren Schwefelgeruch, allerdings in geringem Grade und nicht so stechend wie brennender Schwefel. In der Ebene von Katania soll aus einer dieser Spalten, die eng, aber sehr lang und etwa vier Meilen vom Meere entfernt war, das Wasser so salzig herausgekommen sein wie Meerwasser.

---

[1]) Diese Flammenerscheinung dürfte auf den Ausbruch eines Ätnakraters deuten, vermutlich des Gipfelkraters. Die Entfernung von nächtlichen Lichterscheinungen kann nur nach der Intensität ihres Eindrucks geschätzt werden. Der Schilderung nach lag hier ein Maximaleindruck vor, sonst würden die Entfernungsschätzungen nicht gleichgeblieben sein.

In der Stadt Noto versank eine halbmeilenlange, aus Stein gebaute Straße in den Boden. Das eine Ende hing herab wie eine schief gestellte Mauer. In einer anderen Straße hatte sich eine Öffnung gebildet, groß genug, um Roß und Reiter zu verschlingen.

Mächtige Felsen wurden gelockert und von den Bergen herabgerollt. Im Gebiet von Sortino, das etwa 5000 Einwohner zählt, gingen viele Menschen in den Häusern zugrunde. Sie wurden von den Trümmern erschlagen als diese von den Bergen herabstürzten. Eine große Zisterne oder ein Wasserbehälter, der im Gipfel eines Felsens angelegt war, löste sich, stürzte vom Felsen herab und gelangte bis in das Bett eines Flusses, der im Talgrunde fließt. Dort steht die Zisterne noch jetzt, mit dem gleichen Wasser gefüllt, das sie vor dem Erdbeben enthielt. Viele natürliche und künstliche Grotten stürzten ein.

In Syrakus und anderen Küstenstädten wurde das Wasser der Quellen salzig, es ist aber später wieder süß geworden und so gut wie früher, so daß es wieder gern getrunken wird. Die Quelle Arethusa war einige Monate lang so brackig, daß die Syrakusaner sie nicht benutzen konnten. Nachdem sie jetzt ausgesüßt ist, liefert sie fast doppelt so viel Wasser als vorher.

In der Stadt Termini ist das ganze fließende Wasser eingetrocknet, darunter ein naher Bach, aus dem Gärten und Pflanzungen bewässert wurden. Im Gegensatz dazu wurden die heißen Badequellen um ein Drittel verstärkt.

An vielen ebenen Stellen sprangen hohe Mauern mehr als zwei Schritte weit von ihren Fundamenten. Diesen ganzen Zwischenraum ließen sie frei von Abfall und Trümmern, als wenn sie aufgenommen und fortgeschafft wären. In Syrakus sprangen zwei Seitenwände eines kleinen Hauses voneinander fort; die eine blieb aufrecht in erheblicher Entfernung stehen, die andere bildete beim Fortspringen einen Winkel mit ihr, zum Staunen der Augenzeugen.

Nicht weit von der Landgemeinde Cassaro lösten sich von den Gipfeln zweier Berge, zwischen denen ein Fluß durch ein langgestrecktes Tal strömte, zwei große Felsen. Sie trafen so genau zusammen, daß sie das Tal verschlossen und den Fluß abdämmten. Dieser fand weder seitlichen noch unterirdischen Ausweg, füllte das Tal bis zur Oberkante der Felsen und überfließt sie nun. Ein See von drei Meilen (5 bis 6 km) Umfang und von beträchtlicher Tiefe wurde so gebildet.

In dem Gebiete von Sortini ist auf einem Stück, das eine halbe Meile lang aber viel schmaler ist, der Boden in kleinen Zwischenräumen abgesunken, an einigen Stellen zwei, an anderen drei Handbreiten, und endet in einem sehr tiefen, kreisförmigen Abgrund oder Loche.

Eine Quelle gab im Augenblicke des Erdbebens am 11. Januar blutrotes Wasser. Dieses floß drei Stunden lang und trocknete dann ein. Es hinterließ viele Höhlen im Schlamm, aus denen richtige Asche ausgeworfen wurde. Am nächsten Tage kehrte das frühere Wasser ohne die geringste Änderung seiner Eigenschaften wieder. In der Stadt, die auf drei Seiten von Höhlen umgeben ist, wurde trotz der starken Stöße, die sie erlitt, nicht viel Zerstörung angerichtet, doch wurde eine Zeitlang ein furchtbares Donnern und Krachen gehört. Vom 11. Januar bis zu dem heutigen 14. September herrschten starke Südwinde, denen ein dem Kanonendonner ähnliches Geräusch weithin vorausging, das längere oder kürzere Zeit anhielt. Es wurde überall beobachtet, lauter in höhlenreichen Gegenden und in den Gebirgstälern, in denen die Stöße um so heftiger auftraten, je weiter die Entfernung von der Meeresküste war. Seit dem 1. August, der ein ungemein stürmischer Tag war und nicht allein fast vier Stunden lang schweren Regen, sondern auch Hagel und sehr heftiges Gewitter brachte, wurden die Erdstöße schwächer und seltener. Während der beiden letzten Monate waren sie auch nicht so allgemein verbreitet, sondern abwechselnd an verschiedenen Stellen.

Es wurde beobachtet, daß auf weniger festem Untergrund, wie Kalkstein, Sand oder loser Erde, die Zerstörung bedeutender war als an felsigen Stellen. In Syrakus trat diese Abweichung an drei Stellen entgegen: inmitten der inneren Stadt, auf der kleinen Insel und in Zarakati, wo das antike Syrakus stand. Dort waren überall die Häuser auf Felsen fundiert. Die meisten blieben unbeschädigt. Andere wurden nur erschüttert oder jedenfalls nicht vollständig zerstört. Dagegen liegen im übrigen Stadtgebiet, das keinen Felsboden hat, sehr viele schöne Gebäude und Turmanlagen in furchtbarer Verwüstung als große Trümmerhaufen darnieder. . . .“ — —

Der Bericht erinnert bezüglich des von Cassaro geschilderten Felssturzes sehr an einen mit genauerer Ortsangabe von Jamaika berichteten Vorfall. Er erweckt aber sonst auch in sachlicher Beziehung Vertrauen. Der ihm angeschlossenen detaillierten Statistik über Einwohnerzahl und Verlustziffer der betroffenen sizilischen Gemeinden dürfte deshalb besondere Zuverlässigkeit beigemessen werden. Von 254936 Einwohnern fielen nach ihr 59963, also fast 25 v. H., der Katastrophe zum Opfer. Syrakus verlor von 15399 Einwohnern 4000, Katania nicht weniger als 18000.



Über die Radioaktivität atmosphärischer Niederschläge.

Für die Kenntnis der Elektrizitätsverhältnisse in der Atmosphäre dürften einige Versuchsreihen von Wert sein, welche die Herren G. Costanzo und C. Negro vom St. Ludwigs-Gymnasium in Bologna ausgeführt haben. Angeregt durch frühere Arbeiten von Allan, J. Kauffmann und Righi, untersuchten die genannten Herren den im Laufe des Winters 1905/1906 zu verschiedenen Zeiten gefallenen Schnee mit Hilfe eines Elster-Geitelschen Zerstreuungsapparates auf seine Radioaktivität hin. Sie haben dann im Laufe des Jahres 1906 das Gebiet ihrer Forschungen erweitert und auch den bei verschiedenen Gelegenheiten und unter den verschiedensten meteorologischen Verhältnissen gefallenen Regen in den Kreis ihrer Untersuchungen gezogen. Sie geben in zwei Arbeiten — Phys. Zeitschr. **7**, 350—353, 921—924, 1906 — ihre Beobachtungsreihen in extenso wieder. Es mögen an dieser Stelle nur die Schlußfolgerungen Platz finden, welche die Herren Costanzo und Negro aus ihren Versuchsergebnissen ziehen:

Der atmosphärische Niederschlag, so folgern die genannten Herren, ist in frisch gefallenem Zustande stets radioaktiv, einerlei, ob es sich um Regen oder Schnee handelt. Die Radioaktivität nimmt aber sehr schnell ab und ist nach ungefähr zwei Stunden fast vollständig verschwunden. Wesentlich stärker ist die Radioaktivität solcher Niederschläge, die bei Gewittern gefallen sind. Mi.



Eine Methode zur Erleichterung der Beobachtung mit Skala, Spiegel und Fernrohr.

Die Beobachtung von Ausschlägen, die um eine vertikale Achse erfolgen, mit Hilfe von Skala, Spiegel und Fernrohr wird vielfach dadurch sehr erschwert, daß das leichte System, welches den Spiegel trägt, infolge von Erschütterungen und anderen Störungen neben den zu beobachtenden, verhältnismäßig langsamen Schwingungen um die

vertikale Achse auch noch Schwingungen von sehr kurzer Dauer um eine horizontale Achse ausführt. Solche Schwingungen, wie sie beispielsweise bei empfindlichen Galvanometern sehr häufig auftreten, haben dann naturgemäß eine unruhige, das Auge sehr ermüdende und die Ablesung oftmals geradezu unmöglich gestaltende Auf- und Abbewegung des Skalenbildes im Fernrohr zur Folge. Diesen Übelstand soll die Anordnung beseitigen, die Herr Edwin F. Northrup im „Electrician" (**59**, 188, 1907) beschreibt. Herr Northrup ersetzt den beweglichen Spiegel durch ein System aus zwei kleinen ebenen Spiegeln, welche unter einem rechten Winkel gegeneinander geneigt sind und an dem beweglichen System so befestigt werden, daß ihre Berührungskante horizontal verläuft und die Ebene des Spiegels mit der Horizontalebene einen Winkel von 45° bildet. Eine einfache geometrisch-optische Überlegung ergibt, daß nunmehr bei einer Drehung der Spiegel um eine horizontale Achse das Skalenbild im Fernrohr keine Verschiebung mehr erleidet, vielmehr feststeht. Der kleine Nachteil, der in dem Intensitätsverlust infolge der zweimaligen Reflektion an den geneigten Spiegelflächen liegt, dürfte gegenüber dem Vorteil, den das ruhende Skalenbild für die Beobachtung bietet, kaum merklich ins Gewicht fallen. Durch die Northrupsche Anordnung wird augenscheinlich mit sehr einfachen Mitteln eine erhebliche Verbesserung erreicht. Mi.



Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Deutsche Buch- und Kunstdruckerei, G. m. b. H., Zossen—Berlin SW. 68.
Für die Redaktion verantwortlich: Dr. P. Schwahn in Berlin.




3 2044 059 991 687